DIE NATURWISSENSCHAFTEN

19. Jahrgang | 18. Dezember 1931 | Heft 51

Otto Schott zur Vollendung seines achten Jahrzehnts[1].

Hochgeehrter Herr Jubilar!

Wie von einer hohen Warte aus mögen Sie wohl heute Ihr geistiges Auge schweifen lassen über Ihren Werdegang und über die weiten Gefilde der Wissenschaft und Technik, welche Sie bebaut und gefördert haben. Vergönnen Sie uns, einen solchen Rundblick mit Ihnen zu teilen!

Nach dem Westen richtet sich da zunächst unser Auge, hin zu der kleinen Stadt Witten in Westfalen. Ein schlichtes Haus ersteht vor unserem Blick, darinnen ein recht bescheidener Raum, der den Namen „Laboratorium" kaum verdient. Ein junger Chemiker schaltet und waltet dort, und was er treibt, das mutet fast an wie ein Stückchen Alchimie. Kleine Schmelzöfen ringsum, äußerlich wie kleine Sparherde beschaffen! Geheimnisvoll der Raum, geheimnisvoll das Ziel der Versuche. Doch gilt es ein wichtiges Problem zu lösen; davon gibt die Spannung Kunde, mit welcher der junge Chemiker zuweilen den Inhalt der Schmelzöfen mustert, wenn er ihn mit Hilfe langer, holländischer Pfeifenröhren durchmischt.

Ein neues Bild: Im Jenaer „Schillerhäuschen" sehen wir zu einer späten Nachtstunde zwei Männer bei der Lampe sitzen; der eine uns aus dem Wittener Hause wohlbekannt: Dr. Otto Schott; der andere: Ernst Abbe, der Jenaer Astronom und Physiker. Belauschen wir ihr Gespräch, so hören wir in oftmaliger Wiederholung Worte wie „Kieselsäureglas", „Phosphorsäureglas", „Brechungsexponent". Bald wird uns klar, daß Gläser von besonderen optischen Eigenschaften geschaffen werden sollen, geeignet zur Verfertigung bisher nicht gekannter, völlig achromatischer Objektive.

Wiederum ein neuer Blick: Wir sehen in Jena ein „Glastechnisches Laboratorium" entstehen, gegründet von wagemutigen und arbeitsfreudigen Männern, von Schott, Abbe und den Brüdern Zeiss, ein Institut, wo die Ergebnisse des Fleißes der Wittener Versuche durch Glasschmelzen größeren Umfanges auf ihre praktische Verwertbarkeit geprüft und durch rühriges Schaffen ausgebaut werden. Ein großes Maß von Selbstvertrauen und von Opferwilligkeit war zu dieser Gründung nötig, denn gar weit war man noch von der Zeit der Ernte entfernt. Dem Mutigen hilft das Glück — zur richtigen Zeit hat eine weitblickende preußische Regierung das für die Entwicklung der Glastechnik so wichtige Laboratorium der vier „Genossen" hinreichend subventioniert.

Eine viel spätere Etappe tritt vor unser Auge: Wie die Wintersaat durch Monate hindurch kaum merkliche Fortschritte macht, dann aber rasch fruchtbringend emporsprießt, so hat sich inzwischen an das lange, oft entmutigende Ringen mit den tausend Widerständen der Materie der Glasbereitung eine Zeit glänzender Entwicklung angeschlossen. Nicht nur die ursprünglichen Ziele sind erricht, die Gewinnung geeigneter Glassorten für achromatische Objektive der Fernrohre, Mikroskope und photographischen Optik. Auch hochwichtige andere glastechnische Fragen sind gelöst, unter denen für Wissenschaft und Technik als besonders bedeutsam die Probleme des Thermometerglases, des Verbundglases und des für ultraviolette Strahlen durchlässigen Glases hervorragen. Eine imponierende Schöpfung der Industrie auf wissenschaftlicher Grundlage ist entstanden; ein Glaswerk, welches an Größe nicht viele, an Verdiensten und Ruhm überhaupt keines seinesgleichen in der Welt hat. An der Spitze dieses für Deutschland auch wirtschaftlich hochwichtigen Werkes sehen wir nun bei unserem letzten Rundblick wieder jenen Mann, dessen Gestalt uns beim ersten Umblick im Wittener Hause jugendlich begegnet ist: Dr. Otto Schott.

Obwohl die Interessen der Preußischen Akademie der Wissenschaften vorzüglich den Leistungen der reinen Wissenschaft zugewendet sind, blieben die Verdienste, welche Sie, hochgeehrter Herr Jubilar, sich um eine angewandte Wissenschaft erworben haben, von ihr nicht unbeachtet. Genießen die Früchte Ihres Schaffens doch indirekt alle Zweige der Naturwissenschaft und viele Zweige der Technik! In Wertschätzung dieser großen Leistungen hat die Preußische Akademie Sie vor acht Jahren zum korrespondierenden Mitglied gewählt. Heute nimmt sie freudigen Anteil an Ihrem schönen Jubiläum und entbietet Ihnen ihre herzlichen Glückwünsche. Ad multos annos!

[1] 17. Dezember 1931. Die Preußische Akademie der Wissenschaften hat bei anderer Gelegenheit Herrn Schott die hier wiedergegebene Adresse gewidmet. Sie ist dem heutigen festlichen Anlaß so gemäß, wie sie es dem damaligen war und die Wünsche, die die Freunde und Verehrer für den Jubilar hegen, können nicht vollkommener in Worte gefaßt werden, als es hier geschehen ist.

Neuere Untersuchungen über das Dreikörperproblem.

Von AUREL WINTNER, Baltimore.

Den Begriff des Drei- bzw. n-Körper*problems* mußte seit NEWTON bisher jede neue Generation umdeuten. Was man darunter heute verstehen kann, ist nicht etwas fest Umschriebenes, sondern ein Komplex inhaltlich und methodisch durchaus heterogener Gedankenkreise, die nicht einmal durch die Berechnung der Bahnen der beobachtbaren Himmelskörper als Endziel zusammengehalten werden, da sie aus diesem ursprünglichen Rahmen zwangsweise hinausführten. Dieser heterogene Charakter der mit dem Sammelnamen n-Körperproblem bezeichneten inhaltlichen und methodischen Fragestellungen und Ansätze rührt eben von den Schwierigkeiten her, die die recht komplizierten und dennoch explizite gegebenen Bewegungsgleichungen in sich schließen. Bei diesen Gleichungen kann man nämlich den Umstand, daß sie in extenso gegeben sind und daß es sich nicht um das allgemeinste willkürliche nichtlineare System von, in bezug auf die Ableitungen aufgelösten Differentialgleichungen handelt, vorwiegend nur dort in Ansatz bringen, wo es sich um formale Eigenschaften dieser Differentialgleichungen und damit meist um Eigenschaften auch willkürlicher dynamischer Systeme handelt. Die spezifischen Eigenschaften bzw. Bewegungsmöglichkeiten unseres explizit vorgelegten konkreten dynamischen Systems können dabei wieder nicht zum Vorschein kommen. Kein Wunder also, daß die ganze (holonome) analytische Mechanik mit Einschluß der Störungstheorie eben von Astronomen oder wenigstens von astronomisch stark interessierten Mathematikern aufgebaut wurde und daß andererseits die verschiedensten Methoden der Analysis ihre Entstehung historisch dem n-Körperproblem verdanken, das die ganze Analysis auf eine unvergleichbare Weise befruchtet hat. Man denke dabei nicht nur an die ersten Etappen der Infinitesimalrechnung oder etwa an den Gedankenkreis der LIEschen Theorie der Berührungstransformationen, sondern z. B. auch an die beiden Methoden, die heute neben den mit dem DIRICHLETschen Prinzip zusammenhängenden Konstruktionsverfahren für die verschiedensten Existenzbeweise der Analysis und Geometrie eine ganz zentrale Stellung einnehmen, nämlich an die Methode der sukzessiven Approximationen und an die Theorie der unendlich vielen Variablen, die von Astronomen ausgedacht und verwendet worden sind, so daß den Mathematikern nur die Nachholung der Konvergenzbeweise und ihre sinngemäße Übertragung auf anderweitige Probleme übrigblieb. — Es scheint heute nicht mehr allgemein bekannt zu sein, eine wie wichtige Rolle die astronomischen Fragestellungen bei der Entstehung der komplexen Funktionentheorie gespielt haben (vgl. hierüber den Bericht von A. BRILL und MAX NOETHER über die Entwicklung der Funktionentheorie). Sogar in der Punktmengenlehre (BORELsche Reihen und Mengen, BAIREsche Kategorien, geometrische Wahrscheinlichkeiten der LEBESGUEschen Maßtheorie usw.) sind astronomische Fragestellungen der mathematischen Entwicklung vorausgeeilt. Die FOURIERschen Reihen (allerdings nur analytischer Funktionen) traten im achtzehnten Jahrhundert zunächst nicht im Rahmen des Schwingungsproblems, sondern bei der Entwicklung der Störungsfunktion auf (CLAIRAUT, EULER), und auch die H. BOHRsche Theorie der fastperiodischen Funktionen reellen Arguments hat in P. BOHLS geistreichen Untersuchungen ihren astronomischen Vorläufer. POINCARÉS geometrische Theorie der Differentialgleichungen erster und zweiter Ordnung, die als „Problem im Großen" die schwierigsten Fragestellungen der modernen Analysis und Geometrie inauguriert, ist Hand in Hand mit seinen himmelsmechanischen Ansätzen und in der Hoffnung einer Übertragbarkeit auf das Dreikörperproblem entstanden und hat, wenn auch erst später, in der den Astronomen bisher leider verschlossen gebliebenen topologischen Dynamik von BIRKHOFF, die umgekehrt der Topologie neue Gesichtspunkte eröffnet, ihre Krönung erreicht.

„Das" n-Körperproblem ist also heute nicht mehr nur eine Beschreibungstheorie der Bahnen der Himmelskörper, es beansprucht vielmehr u. a. einen guten Teil der ganzen Analysis. Im nachstehenden kann daher eine vollständige Skizze über den heutigen Stand dieses weitverzweigten Gebietes nicht einmal im Falle des sog. restringierten Dreikörperproblems versucht werden. Es wird sich vielmehr vor allem um diejenige Richtung handeln, die von E. STRÖMGREN vertreten wird (wenn auch des historischen und auch sachlichen Zusammenhanges halber einige Vorbereitungen notwendig sein werden). Die fraglichen Untersuchungen sind mit einigen Ausnahmen in der Serie „Publikationer og mindre Meddelelser fra Københavns Observatorium" gesammelt. Zur ersten Orientierung kann hier auf ein mit Figuren versehenes kurzes Referat von STRÖMGREN in Erg. exakt. Naturwiss. **4** verwiesen werden, obwohl seitdem (1925) viele neue numerische Ergebnisse hinzugekommen sind und die mathematische Bearbeitung und nähere theoretische Ausbeutung des Materials, wovon später die Rede sein wird, erst kürzlich einsetzte. Die an der Kopenhagener Sternwarte unter Leitung von E. STRÖMGREN ausgeführten Untersuchungen sind systematisch angelegte numerische Rechnungen, durch welche er auf eine empirische Weise zu allgemeinen Gesetzmäßigkeiten geführt worden ist, die in der allerletzten Zeit auch eine mathematische Begründung erhalten haben.

Das dynamische System, um das es sich handelt, ist das restringierte Dreikörperproblem, auf das sich seit mehr als einem halben Jahrhundert das Hauptinteresse der Astronomen und der

Mathematiker konzentriert: zwei Massen, M_1 und M_2, die einander nach dem NEWTONschen Gesetz anziehen, bewegen sich um ihren Schwerpunkt O in *gegebenen* KEPLERschen *Kreisen*, so daß die Verbindungslinie der beiden Massen, die sog. Syzygienachse, in einem in dem Ursprung O angebrachten ebenen inertialen („raumfesten") Koordinatensystem, dem sog. siderischen Achsenkreuz, gleichmäßig um O rotiert; wie wird sich in dieser Ebene ein Aufpunkt P bewegen, der der Einwirkung des gegebenen Gravitationsfeldes der beiden um O kreisenden Massen ausgesetzt ist, ohne auf diese einzuwirken? In dieser Form wurde das Problem von JACOBI (1836) angesetzt, der das heute nach ihm benannte Integral, das in dem siderischen Achsenkreuz eine Art Kombination der (für den *massenlosen* Aufpunkt P nicht existierenden) Flächen- und Energiesätze darstellt, entdeckt hat und das, wie es durch die Untersuchungen von POINCARÉ und auf eine weitergehende Weise durch die von H. KNESER wahrscheinlich gemacht wird, das einzige für alle Werte der Zeitvariable t gültige und dabei wenigstens in hinreichend kleinen Gebieten des Phasenraumes eindeutige oder endlich vieldeutige Integral des Problems ist[1]. Hier ist gleich zu erwähnen, daß man das siderische („ruhende") Achsenkreuz, in welchem die Bewegungsgleichungen des dritten Körpers P die Zeit t offenbar explizite enthalten, durch ein anderes, das sog. synodische Achsenkreuz, zu ersetzen pflegt, das um O mit der Drehgeschwindigkeit der Syzygienachse gleichmäßig rotiert und daher die beiden Massen M_1, M_2 auf Ruhe transformiert, d. h. das explizite Auftreten von t eliminiert, so daß das JACOBIsche Integral einfach in das Energieintegral der Relativbewegung von P übergeht. Man sieht jetzt, daß das restringierte Dreikörperproblem von dem auch aus der Atomtheorie (Helium) bekannten, nach Einführung von elliptischen Separationskoordinaten durch Quadraturen lösbaren EULERschen Zweizentrenproblem sich nur durch das Hinzukommen des Trägheitsfeldes der durch das Rotieren des synodischen Achsenkreuzes bedingten Coriolis- und Zentrifugalkräfte unterscheidet, die freilich eine völlig neue Situation schaffen, so daß Ansätze, die von dem EULERschen Zweizentrenproblem ausgehend die Rotationskräfte als Störungskräfte auffassen wollen, prinzipiell überhaupt nicht und numerisch nur bei günstiger Wahl (SAMTER) der Integrationskonstanten in Betracht kommen können (die Schwierigkeit rührt nach einer Bemerkung von MURNAGHAN nicht auch von den Zentrifugaltermen, sondern ausschließlich von den Coriolisgliedern her).

[1] Daß die übrigen, in dem Phasenraum auch in noch so kleinen Gebieten unendlich vieldeutigen Integralüberflächen über den Verlauf einer Bewegung keine neue Aussage erlauben, ist dem Physiker aus der statistischen Mechanik geläufig, vor allem seitdem die Theorie der adiabatischen Invarianten (EHRENFEST, LEVI-CIVITA, GEPPERT) den mit der Quasiergodenhypothese zusammenhängenden Problemen formal umfassende Gesichtspunkte eröffnet hat.

Es sei schon hier erwähnt, daß man, wenn man von der Periodizität einer Lösung des restringierten Dreikörperproblems spricht, die Periodizität stets auf das rotierende (synodische) Achsenkreuz bezieht. Man verlangt also nicht, daß die drei Körper M_1M_2P nach Ablauf der Periode dieselben siderischen Koordinaten wie zu Beginn der Periode haben, d. h. daß die Bahnkurve in dem ruhenden Achsenkreuz geschlossen ist, man begnügt sich vielmehr damit, daß die relative Lage der drei Körper sich periodisch wiederholt, so daß das Dreieck M_1M_2P in dem ruhenden Koordinatensystem sich während der Periode um einen Winkel drehen darf, der an die Umdrehungsperiode der Syzygienachse durch keine Kommensurabilitätforderung gebunden ist. Würde man die Periodizität nicht auf das rotierende Achsenkreuz beziehen, so wären eben die wichtigsten periodischen Lösungen nicht als streng periodisch zu bezeichnen und insbesondere würde es nicht jene Kontinua („Gruppen") von periodischen Lösungen geben, die uns im nachstehenden vor allem interessieren werden. Grob ausgedrückt besagt dies, daß die fraglichen Bahngestalten durch Übergang von dem siderischen zu dem synodischen Achsenkreuz vereinfacht werden können.

* * *

Weshalb sich das Hauptinteresse auf dieses restringierte Dreikörperproblem konzentriert hat, hat verschiedene Gründe. Für den *Astronomen* liefert dieses Modell eben dort, wo die in der Theorie der großen Planeten gut bewährten LAGRANGE-LAPLACEschen Methoden versagten, nämlich in der Theorie des Erdmondes und der kleinen Planeten, sehr brauchbare intermediäre Bahnen (so nennt man seit GYLDÉN alle Referenzbahnen, die nur von primären Effekten Rechenschaft geben und zu welchen dann die übrigen Effekte bequem hinzugefügt werden können), während sich dabei das klassische Referenzmodell des Zweikörperproblems wegen allzu großer Abweichungen als völlig unbrauchbar erwies. In der Theorie des Erdmondes sind M_1 und M_2 mit der Sonne und der Erde, P mit dem Mond zu identifizieren. So erhielt G. W. HILL (1877), der Begründer der neuen Himmelsmechanik, eine erstaunlich gut funktionierende intermediäre Mondbahn (trotzdem er einer formalen Erleichterung halber auch die „restringierte Parallaxe" vernachlässigt hat). An diese HILLsche Referenzbahn schmiegt die zur Zeit feinste Theorie des Erdmondes, die von E. W. BROWN, alle übrigen Effekte an. In der Theorie der kleinen Planeten sind M_1 und M_2 mit Jupiter und mit der Sonne, P mit dem kleinen Planeten zu identifizieren. Allerdings liefert das restringierte Modell bei einigen kleinen Planeten wegen Vernachlässigung der Jupiterexzentrizität prinzipiell nicht befriedigende Referenzbahnen (WILKENS). — Daß andererseits die *Mathematiker* (POINCARÉ, LEVI-CIVITA, BIRKHOFF) sich vor allem mit dem restringierten Dreikörperproblem beschäftigt haben, hat einfach den Grund, daß dieses nur zwei Frei-

heitsgrade hat und das einfachste nichttriviale (d. h. nicht „lösbare") konservative dynamische Problem darstellt. Eben der Fall von zwei Freiheitsgraden bietet manche topologische oder funktionentheoretische, oft auch rein formale Vereinfachungen, die bei höheren Freiheitsgraden, also z. B. bereits bei dem ebenen, aber nicht restringierten Dreikörperproblem verlorengehen. Auch hat man es in dem restringierten Dreikörperproblem nur mit der Bewegung eines einzigen Körpers, nämlich mit der von P zu tun (so daß z. B. die bekannten SUNDMANNschen Ergebnisse im Falle des restringierten Dreikörperproblems nach Einführung der weiter unten zu erwähnenden regularisierenden Transformation von THIELE nur einfache Selbstverständlichkeiten aussagen). Für numerische Untersuchungen besteht die Vereinfachung eben in der möglichst niedrigen Wahl des Freiheitsgrades. Es besteht endlich die Hoffnung, daß die Methoden und Ergebnisse des restringierten Problems bei Behandlung des allgemeinen Problems oft die Wege weisen werden, wie es z. B. seinerzeit in der Regularisierungstheorie von LEVI-CIVITA und kürzlich bei BIRKHOFFs Ringtransformationen der Fall war.

Eine Lösung des restringierten Dreikörperproblems wird, sofern die beiden Massen M_1, M_2, ihre zeitunabhängige Entfernung und die siderische Drehgeschwindigkeit ihrer Verbindungsgeraden gegeben sind, durch vier unabhängige Integrationskonstanten, nämlich durch die Anfangswerte der beiden Koordinaten und der beiden Komponenten des Geschwindigkeitsvektors von P eindeutig festgelegt. Darüber, wie die Bewegung bei willkürlicher Wahl der Integrationskonstanten verlaufen wird, wenn die Zeitvariable t nicht auf ein bestimmtes Intervall beschränkt ist, sondern über alle Grenzen wächst, weiß man kaum mehr als bei dem allgemeinsten konservativen dynamischen System mit etwa wieder zwei Freiheitsgraden. Was derartige Sätze anlangt, denke man z. B. an die auch dem Physiker wohlbekannten Nullgeschwindigkeitskurven (HILL), die, sofern sie reell sind, der Partikel bei gegebener Energie gewisse Gebiete der Koordinatenebene verbieten. Oder man denke an das POINCARÉ-CARATHÉODORYsche Wiederkehrtheorem, das in der statistischen Mechanik auch nach ZERMELO benannt wird. — Dieses sagt nichts darüber aus, *wann* eine nicht exzeptionelle Bahnkurve einem einmal passierten Punkte ihres Gebietes beliebig nahekommen wird. Einige Untersuchungen von BIRKHOFF, die mit seiner auf S. 9 erwähnten Theorie nicht zu verwechseln sind, unterscheiden sich von dem Wiederkehrtheorem, grob gesagt, darin, daß nach nicht nur „räumlich wiederkehrenden", sondern zugleich „zeitlich wiederkehrenden" Bewegungen gefragt wird (man denke etwa an die bedingtperiodischen Bewegungen der JACOBI-STÄCKELschen Separationstheorie), und die Frage ist dann, ob auch solche zeitlich wiederkehrenden Bahnen existieren und im Phasenraum „dicht" genug liegen, um *jede* gegebene in stabilen Gebieten verlaufende Bewegung beliebig genau approximieren zu können. POINCARÉ hat vermutet, daß man dabei bereits mit strengperiodischen Bahnen auskommt, d. h. daß bereits letztere den Phasenraum genügend dicht erfüllen, doch scheinen die BIRKHOFFschen Untersuchungen, die zur Zeit für den Fall des restringierten Dreikörperproblems nicht in allen Einzelheiten explizit durchgerechnet sind, diese Vermutung nicht zu bestätigen.

Wie dem auch sei, soviel ist gewiß, daß man nach willkürlicher Vorgabe der vier Integrationskonstanten jede Bahnkurve für jedes endliche fest gewählte Zeitintervall mittels numerischer Integration beliebig genau bestimmen kann, daß man aber damit das Verhalten der Bahn für unbegrenzt wachsendes t nur dann beherrscht, wenn man weiß, daß die Bahn periodisch ist, d. h. nach Ablauf einer gewissen Zeit zu dem anfangs gegebenen Phasenzustand zurückkommt; und zwar muß man dann nur das zugrunde gelegte Zeitintervall gleich der Periode wählen, um den Verlauf der Bewegung auch für unbegrenzt wachsende Werte der Zeitvariablen t zu kennen. In den STRÖMGRENschen Untersuchungen stellte es sich nun heraus, daß bereits in diesem periodischem Falle ganz unerwartete Bahnformen möglich sind. Es wurden dabei verschiedene Gebiete des Phasenraumes nach periodischen Lösungen hin mittels numerischer Quadraturen systematisch durchforscht, was zuerst zu einer Art Genealogie der gefundenen periodischen Lösungen geführt und diese dann die allgemeinen Gesetze zu formulieren gestattet hat, welchen diese Bahn*gesamtheiten* in dem *Endverlauf ihres Schicksals* gehorchen. Die STRÖMGRENschen numerischen Ergebnisse sind, wie erwähnt, nachträglich auch mathematisch fundiert worden, was auch auf manche Genealogietafeln neues Licht geworfen und einige Zusammenhänge geklärt hat. Ohne das mühsam zusammengetragene Zahlenmaterial der Kopenhagener Sternwarte wäre man aber nie zu diesen Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhängen, ja nicht einmal zu ähnlichen Fragestellungen gekommen.

* * *

Periodische Lösungen des Dreikörperproblems hat bereits LAGRANGE (1772) gefunden. Die LAGRANGEschen periodischen Lösungen entarten im Falle des restringierten Dreikörperproblems zu Gleichgewichtslösungen, das sind fünf feste Punkte in dem synodischen Achsenkreuz, die sog. Librationspunkte, in welchen die Gravitationswirkung von M_1 und M_2 durch die Zentrifugalkraft exakt kompensiert wird und die Partikel P synodisch dauernd in Ruhe bleibt, wenn sie ohne Geschwindigkeit in einen Librationspunkt placiert wird. In dem siderischen Achsenkreuz sind diese Librationslösungen dadurch gekennzeichnet, daß die Konfiguration M_1M_2P starr ist und daher um den Schwerpunkt O auch der Aufpunkt P gleichmäßig rotiert. Für drei der fünf Librationslösungen liegt P auf der Syzygienachse M_1M_2, und diese drei kollinearen Librationspunkte sind durch die beiden

Massen M_1M_2 voneinander getrennt. Die beiden übrigen Librationspunkte, die im System der kleinen Planeten bei den Trojanern näherungsweise vorliegen, heißen äquilateral, da sie dadurch bestimmt sind, daß M_1M_2P genau ein gleichseitiges Dreieck bildet.

Im neunzehnten Jahrhundert hat man öfters die kleinen periodischen Schwingungen des dritten Körpers P um eine dieser fünf LAGRANGEschen periodischen Lösungen betrachtet. Die eigentliche Theorie der periodischen Lösungen beginnt aber erst mit den oben (S. 1011) erwähnten, in jeder Beziehung bahnbrechenden Untersuchungen von HILL (1877), die (unter Vernachlässigung der restringierten Parallaxe) ein ganz anderes Kontinuum und insbesondere HILLs intermediäre Mondbahn einführen. Er geht dabei so vor, daß er für die gesuchte periodische Lösung eine FOURIERsche Reihe mit unbestimmter Periode und mit unbestimmten Koeffizienten ansetzt, für welche er dann aus den Bewegungsgleichungen ein unendliches System von Bedingungsgleichungen herleitet, das leider weder linear noch rekursiv ausfällt. Aus diesem System von Bedingungsgleichungen heraus werden nun die FOURIERschen Koeffizienten und die Periode als analytische Funktionen der JACOBIschen Energiekonstante (vgl. S. 1011) bestimmt, und endlich wird in der dadurch gefundenen kontinuierlichen Schar von periodischen Lösungen dem Scharparameter, d. h. der JACOBIschen Energiekonstanten, der dem Erdmond zukommende numerische Wert erteilt. Dieser mathematisch äußerst kühne Prozeß ist mittels einer nichtlinearen Theorie der unendlich vielen Variablen erst vor einigen Jahren auch analytisch legalisiert worden, und es ergab sich der mathematische Existenz- und Konvergenzbeweis auch für den numerischen Fall des Erdmondes (HILL hat nur eine überraschend rapide numerische Konvergenz gefunden, als er sein unendliches implizites Bedingungsgleichungssystem näherungsweise auflöste).

Wir verweilten bei der HILLschen Methode nicht nur aus historischen Gründen etwas länger, sondern auch deshalb, weil diese auch heute und zwar auch bei anderen periodischen Lösungen diejenige analytische Methode ist, die zugleich in der Praxis verwendet wird; im übrigen vergleiche hierüber weiter unten. — Etwa ein Jahrzehnt nach HILL entstanden in einem ganz anderen Rahmen POINCARÉS Untersuchungen über periodische Lösungen, die mit Ausnahme einiger Noten in dem Bull. Astr. (vor allem 1902) sowie einer posthumen Arbeit in den Palermoer Rendiconti (1912) in seine berühmten Méthodes Nouvelles (1891—1899) zusammengefaßt sind (hier kommt nur der erste Band und die zweite Hälfte des dritten in Betracht). Für POINÇARÉ ist das Problem der periodischen Lösungen des restringierten Dreikörperproblems ein periodisches *Störungs*problem, wobei der kleine störende Parameter der Massenprozentsatz $\mu = M_1/(M_1 + M_2)$ ist (so daß die Massen der beiden Körper M_1, M_2 gleich μ bzw. $1-\mu$ sind, wenn die Gesamtmasse zur Masseneinheit gewählt wird). Bei verschwindendem Massenprozentsatz ist die Bahn auch des dritten Körpers P durch die KEPLERschen Gesetze des Zweikörperproblems bestimmt, die freilich in das synodische Achsenkreuz zu übersetzen ist. Bei dieser ungestörten Bewegung wird das System der drei Körper in dem synodischen Achsenkreuz offenbar dann und nur dann eine periodische Bewegung ausführen, wenn entweder die Bewegung auch von P um den Schwerpunkt O (der jetzt einfach M_2 ist) siderisch eine KEPLERsche Kreisbahn ist, in welchem Falle die Periodizitätsannahme keine Kommensurabilitätsannahme erfordert, oder aber wenn die Exzentrizität der von P in dem siderischen Achsenkreuz beschriebenen KEPLERschen Ellipse nicht verschwindet, in welchem Falle die siderische Periode von P mit der Umdrehungsperiode der Syzygienachse kommensurabel sein muß, damit die Bahn von P auch in dem synodischen Achsenkreuz geschlossen ist. POINCARÉ geht nun von einer solchen beliebig, aber fest gewählten ungestörten ($\mu = 0$) periodischen Lösung des restringierten Dreikörperproblems aus und stellt sich die Frage, ob es möglich ist, zu den Integrationskonstanten der gegebenen ungestörten Bewegung mit einer positiven Potenz des Massenprozentsatzes multiplizierte Störungsterme derart zu addieren, daß die durch die gestörten Integrationskonstanten festgelegte Lösung des gestörten ($\mu > 0$) restringierten Dreikörperproblems periodisch wird.

Für den Fall, daß die ungestörte Bewegung eine Kreisbewegung ist, erkennt man sofort, daß das periodische Störungsproblem unter den obigen Bedingungen noch „gelenkig" ist, da doch die KEPLERsche Kreisbahn in ein Kontinuum von solchen eingebettet liegt. Die dadurch bedingte Unbestimmtheit wird erst behoben, wenn man z. B. verlangt, daß bei gegebener ungestörter Bewegung ($\mu = 0$) die gesuchte, von dieser für $\mu > 0$ ausgehende Schar von periodischen Lösungen eine isoenergetische Schar sein soll, so daß alle in der gesuchten Schar enthaltenen periodischen Lösungen eine und dieselbe JACOBIsche Energiekonstante, nämlich die der ungestörten Bewegung, haben. Es handelt sich also, ebenso wie bei HILL, um ein einparametriges Kontinuum von periodischen Lösungen, nur daß diesmal nicht die Energie, sondern der Massenprozentsatz der Scharparameter dieses Linearkontiuums ist. Die Schar heißt diesmal eine „Sorte", und zwar eine „erste Sorte" oder eine „zweite Sorte", je nachdem die Exzentrizität der ungestörten Bewegung des Kontinuums gleich Null oder von Null verschieden ist. — Es fragt sich nun, ob und bei welchen ungestörten Bewegungen die von diesen ausgehenden Sorten existieren, mit andern Worten, ob und wann POINCARÉS periodisches Störungsproblem lösbar ist. Für die ersten Sorten ist die Antwort ziemlich einfach: lösbar ist das Störungsproblem dann (LEVI-CIVITA) und nur dann (M. MARTIN und E. HÖLDER), wenn die synodische mittlere Bewegung

der ungestörten Kreisbewegung von P nicht der reziproke Wert einer ganzen Zahl ist, welch letzterer Fall mathematisch einer durch Auftreten von Eigenfunktionen bedingten Entartung bzw. verschwindenden Resonanznennern, und astronomisch den sog. *kritischen* Lücken bzw. Kommensurabilitäten (Hekuba, Hilda, Thule) im Ringe der kleinen Planeten entspricht. Was die zweiten Sorten anlangt, so ist das Problem wesentlich komplizierter und ist eigentlich erst von BIRKHOFF behandelt worden. Wenn man bedenkt, daß eine rotierende Ellipse mit nicht verschwindender Exzentrizität, also bereits die ungestörten Bewegungen der zweiten Sorten, in dem rotierenden Achsenkreuz recht komplizierte Bahnkurven sind, die mit unbegrenzt wachsender synodischer Periode in volle Flächenstücke dicht bedeckende „Lissajous-Kurven" übergehen, wenn ihre Kommensurabilität an eine Irrationalzahl heranrückt, so liegt die Vermutung nahe, daß die von diesen ungestörten Bewegungen ausgehenden zweiten Sorten kaum faßbare und endlos komplizierte Bahnformen enthalten, die jedenfalls außerhalb des STRÖMGRENschen Programms lagen. Es soll daher hier die schwierige Problematik dieser Sorten nicht besprochen werden. Aber bereits bei den ersten Sorten erhebt sich die Frage, wie man die Sortenkontinua analytisch herstellen kann. Dies ist freilich eine Angelegenheit der Mathematik. Hier sei nur erwähnt, daß man heute zur Behandlung derartiger Probleme außer der von der astronomischen Praxis ziemlich weit wegliegenden Methode von POINCARÉ, die die oben erwähnten, mit einer positiven Potenz des Massenprozentsatzes multiplizierten Störungen der Integrationskonstanten einfach aus der Periodizitätsbedingung heraus durch Potenzreihenentwicklung zu bestimmen versucht, auch noch eine der Theorie der nichtlinearen Schwingungsprobleme nachgebildete und sich sukzessiver Approximationen bedienende, von E. HÖLDER weitergeführte Methode von LICHTENSTEIN, ferner die oben bei den HILLschen Untersuchungen erwähnte Methode der unendlich vielen Variablen zur Verfügung hat, während hier von dem von BIRKHOFF benutzten topologischen Apparat leider kein ohne weiteres verständliches Bild geboten werden kann (zur Orientierung vgl. G. D. BIRKHOFF, Jber. d. Dtsch. Mathematiker-Vereinigung).

Im Gegensatz zu der Störungsproblematik der isoenergetischen Sorten, die *ein*parametrige Kontinua periodischer Lösungen mit variablem Massenprozentsatz als Scharparameter und fester JACOBIscher Energiekonstante sind, sollen *ein*parametrige Kontinua von periodischen Lösungen *Gruppen* genannt werden, wenn umgekehrt alle Bahnen der Lösungsschar zu einem und demselben Werte des Massenprozentsatzes gehören und wenn der variable Scharparameter die JACOBIsche Konstante ist. Einen springenden Punkt der Kopenhagener Rechnungen kann man dann so formulieren, daß es sich in diesen Untersuchungen nicht um Sorten, ondern um Gruppen handelt. Faßt man alle möglichen Sorten zu einer Gesamtheit zusammen, so erhält man offenbar eine *zwei*dimensionale Mannigfaltigkeit von periodischen Lösungen (der eine Parameter ist die JACOBIsche Konstante, der andere der Massenprozentsatz). Je nachdem man in dieser zweidimensionalen Mannigfaltigkeit der JACOBIschen Konstanten oder dem Massenprozentsatz feste Werte erteilt, erhält man offenbar einparametrige Kontinua, die Sorten bzw. Gruppen sind. Der Unterschied zwischen diesen beiden Begriffen scheint also zunächst kein tiefgehender zu sein. Insbesondere könnte man meinen — dies ist im wesentlichen der POINCARÉsche Standpunkt —, daß es genügt, Sorten, also mittels des Störungsprinzips herstellbare periodische Lösungen zu betrachten. In Wirklichkeit schließt aber dieser Standpunkt der periodischen *Störungstheorie* ganz wesentliche Einschränkungen in sich, und jeder Einblick in die Systematik der periodischen Lösungen mußte so gut wie unmöglich bleiben, solange man sich auf *störungstheoretisch erreichbare* periodische Lösungen beschränkte. Diese Bemerkung ist nicht nur in ihrem engeren und trivialen Sinne zu verstehen, wonach die analytischen Prozesse (sukzessive Approximation, Potenzreihenentwicklungen usw.), durch welche man aus einer ungestörten Bewegung die dazugehörige Sorte darstellt, nur für hinreichend kleine Werte des Massenprozentsatzes *konvergent* sind. Man erreicht vielmehr auch dann nicht wesentlich mehr, wenn man sich das durch die analytischen Prozesse hergestellte hinreichend kleine Sortenstück beliebig weit analytisch fortgesetzt denkt (im Sinne der analytischen Funktionentheorie). Mit andern Worten, die engen Grenzen der POINCARÉschen Problematik sind nicht einfach konvergenzmäßig, sondern bereits existenzmäßig bedingt (konvergenzmäßig gibt es zwischen der POINCARÉschen Sortenproblematik und der STRÖMGRENschen Gruppenproblematik noch keinen Unterschied). So haben die STRÖMGRENschen Untersuchungen ein Gebiet aufgedeckt, das im Rahmen der Störungsproblematik nie zum Vorschein gekommen wäre, da sie — wie es sich in allen Einzelheiten streng beweisen läßt — von vornherein außerhalb der Tragweite der auf Massenstörungen basierten POINCARÉschen Fragestellungen liegen. Diese Überzeugung hat bereits den Ausgangspunkt der Kopenhagener Untersuchungen gebildet.

Die neuere Entwicklung der Dinge geht außer auf HILL (vgl. S. 1013) auf THIELE, BURRAU und G. H. DARWIN zurück. BURRAU (1894) hat an der Kopenhagener Sternwarte auf Veranlassung von THIELE nicht nur die *kleinen* periodischen Schwingungen des dritten Körpers P um einen Librationspunkt betrachtet (vgl. oben S. 1012), sondern diese Schar von periodischen Lösungen bei einem festen Wert des Massenprozentsatzes ($\mu = \frac{1}{2}$) in ihrer Abhängigkeit von der JACOBIschen Konstanten mittels mechanischer Quadraturen weiter verfolgt, bis er dann breit ausgedehnte periodische Lösungen erhielt. Im Anschluß daran gelangte BURRAU

zur Formulierung des folgenden Prinzips, auf das wir gleich zurückkommen werden: „A mon sens, voici la véritable règle: les diverses classes de solution sont séparées les unes des autres par des trajectoires d'éjection." Etwas später (1898) und ohne Kenntnis der THIELE-BURRAUschen Arbeiten hat DARWIN bei einem anderen festen Werte des Massenprozentsatzes ($\mu = \frac{1}{11}$) ähnliche Zwecke verfolgende Rechnungen ausgeführt und dabei unter anderem die HILLsche Schar von periodischen Lösungen (vgl. oben S. 1013) für diesen Wert des Massenprozentsatzes übertragen und etwas weiter verfolgt, ohne dabei zu einem auch nur provisorischen Abschluß zu gelangen. DARWIN stand nämlich unter dem Einfluß gewisser POINCARÉscher Ansätze, die sich später als unzulässig erwiesen, und andererseits fehlte bei ihm die oben zitierte BURRAUsche Erkenntnis, was alles in allem zu irrigen Klassifikationen und unvollständigen „Genealogietafeln" der von DARWIN numerisch gefundenen Bahnmannigfaltigkeiten geführt hat. Einige dieser Irrtümer hat später DARWIN dank der BURRAUschen Erkenntnis behoben. Die Aufdeckung der übrigen erfolgte durch die STRÖMGRENschen Arbeiten, die eine sinngemäße Genealogie dieser Bahnen erst ermöglicht haben.

* * *

Es handelt sich zunächst um folgendes. In einer Gruppe von periodischen Lösungen ist der Scharparameter nach Definition einfach die JACOBIsche Energiekonstante. Es ist aber keinesfalls notwendig, daß, wenn man die Gruppe so weit wie möglich fortsetzt, die JACOBIsche Konstante stets wachsen oder stets abnehmen soll. Es können also innerhalb derselben Gruppe zu einem und demselben Werte der JACOBIschen Konstanten verschiedene periodische Lösungen gehören, die in den verschiedenen, voneinander durch die Extremumstellen der JACOBIschen Konstante getrennten *Etappen* der Gruppen liegen, *innerhalb* welcher die JACOBIsche Konstante kein Extremum hat, d. h. entweder durchweg zunimmt oder durchweg abnimmt (ob diesen Extremumstellen notwendigerweise eine reale Bedeutung zukommt, wie es aus unbewiesenen Angaben von POINCARÉ über den sog. Stabilitätsaustausch folgen würde, ist zur Zeit eine offene Frage). Durch Beachtung dieses Umstandes und durch Einbeziehung der Ejektionsstadien (das sind periodische Kollisionen von P mit M_1 oder M_2) in die Entwicklung der Gruppen (vgl. weiter unten) hat STRÖMGREN aus seinem numerischen Material ablesen können, daß drei von DARWIN für verschieden gehaltene Kontinua von periodischen Lösungen in Wirklichkeit nur drei verschiedene Etappen einer und derselben Gruppe darstellen und diese übrigens keinesfalls erschöpfen (bereits zur Verbindung der DARWINschen Gruppenstücke war die Auffindung von neuen Entwicklungsstadien der fraglichen Gruppe notwendig). Es handelt sich dabei um die weitere Entwicklung der „Mondbahngruppe", deren Anfangsstück in dem parallaxenlosen Grenzfall von HILL gefunden wurde (vgl. S. 1013) und die kürzlich auch mit dem Lückenproblem der kritischen Kommensurabilitäten (vgl. oben S. 1014) in Zusammenhang gebracht werden konnte. Das Anfangsstück dieser Gruppe besteht aus einfachen kreisähnlichen, eine der beiden Massen M_1, M_2 im positiven Sinn umlaufenden Bahnen, die bei der Weiterentwicklung der Gruppe zunächst in immer komplizierter werdende periodische Bahnformen übergehen.

Wir werden aber nun sehen, daß man über den Endverlauf der Weiterentwicklung der Gruppe dennoch weitgehende a priori-Aussagen machen kann. Zunächst ist aber zu bemerken, daß die Weiterentwicklung der Gruppe zwangsweise über periodische Ejektionsbahnen hindurchführt, die eine der beiden Massen M_1, M_2 enthalten. Es ist oben (S. 1015) die BURRAUsche Erkenntnis erwähnt worden, wonach man die Entwicklung jeder Gruppe bis zur Erreichung einer Ejektionsbahn fortsetzen kann und muß. STRÖMGREN ist nun zunächst einen Schritt weitergegangen, indem er die Gruppe auch über die jeweilige Stoßbahn hindurch verfolgte und damit verschiedene Kontinua von periodischen Bahnen als miteinander eben durch die Stoßbahn verbundene Stücke ein und derselben Gruppe erkannt hat. Durch Vereinigung dieser und ähnlicher Erkenntnisse und an Hand seines viele Gruppen umfassenden Zahlenmaterials ist dann STRÖMGREN zu seinem „Prinzip des natürlichen Abschlusses" gekommen.

Bevor wir zu diesem übergehen, muß noch erwähnt werden, daß sowohl die analytische als auch numerische Behandlung von Ejektionsbahnen und auch ejektionsnahen Bahnstücken zunächst auf große Schwierigkeiten zu stoßen scheint, indem bei der Ejektion bzw. Kollision die Geschwindigkeit mit Rücksicht auf den Energiesatz unendlich werden muß. Diese Schwierigkeit wurde von THIELE durch eine Regularisierungstransformation der Variablen überwunden, die den Stoß gewissermaßen einer Zeitlupe unterwirft und die nach LEVI-CIVITA und BIRKHOFF auf die natürlichste Weise aus dem MAUPERTUISschen Prinzip gewonnen werden kann. Diese THIELEsche Transformation, die der Einführung der in dem Zweizentrenproblem (vgl. S. 1011) üblichen Separationskoordinaten und uniformisierenden Zeitvariablen entspricht, ist von THIELE (1894) nur für den symmetrischen Fall $M_1 = M_2$ angegeben und dann von BURRAU (1906) auf den komplizierteren Fall eines beliebigen Massenprozentsatzes übertragen worden. Bei Benutzung dieser Regularisierungsvariablen sind die Stoßbahnen den Nichtstoßbahnen gegenüber in keiner Weise ausgezeichnet.

Wir können nun das STRÖMGRENsche Abschlußprinzip formulieren, und zwar wie folgt: Jede Gruppe periodischer Lösungen ist entweder eine in sich *geschlossene* Mannigfaltigkeit, oder sie erleidet in den beiden Richtungen ihres Entwicklungsganges ein natürliches, dynamisch bedingtes Abklingen. Dabei wird das Auftauchen einer periodischen Stoßbahn (innerhalb der Gruppe) noch

keinesfalls als ein *natürlicher*, endgültiger Gruppenabschluß betrachtet; als ein solcher soll vielmehr nur die unbegrenzte Annäherung an eine Gleichgewichtslösung (d. h. an einen der fünf LAGRANGEschen Librationspunkte; vgl. oben S. 1012) und außerdem das Unendlichwerden entweder der Bahndimensionen oder der Energie oder endlich der Periode gelten, so daß also die im Laufe der Weiterentwicklung der Gruppe evtl. auftauchenden, jedenfalls diskreten Stoßbahnen der Gruppe in dem Linearkontinuum der Nichtstoßbahnen der Gruppe keine bevorzugte Stellung einnehmen (während ohne diese Festsetzung über die Ejektionsbahnen meist kein natürlicher Abschluß erreicht werden könnte). — Was das Unendlichwerden der erwähnten drei Bestimmungsstücke (Bahndimension, Energie, Periode) betrifft, so ist freilich erlaubt, daß gleichzeitig deren zwei oder auch alle drei unendlich werden, doch gibt es Gruppen, bei welchen nur ein einziges Bestimmungsstück unendlich wird. Dies ist z. B. der Fall, wenn die periodische Gruppe durch eine asymptotische Grenzbahn abgeschlossen wird (wie das z. B. bei den periodischen Lösungen um die äquilateralen Librationspunkte bei nicht allzu kleinem Massenprozentsatz vorkommt), da in diesem Falle die Energie und die Bahndimensionen bei Annäherung der Gruppenbahnen an die Grenzbahn beschränkt bleiben können, so daß nur die Periode unendlich wird. Ferner wird nicht behauptet, daß eine Fortsetzung der Gruppe über ein Unendlichwerden jener drei Bestimmungsstücke hindurch stets unmöglich sein muß, es dürfen vielmehr, z. B. im Falle des oben erwähnten asymptotischen Abschlusses, von der asymptotischen Grenzbahn auch „zwei" Gruppen ausgehen. Ein anderes Beispiel ist ein Gruppenpaar mit massennahem, kreisähnlichem Ursprung, wobei die eine Hälfte der Gruppe mit direkten, die andere mit retrograden Bahnen beginnt, also die beiden Hälften *in* der Masse zusammenhängen, auf welche sie zusammenschrumpfen, so daß dabei die Energie unendlich wird. Von der direkten Hälfte („Mondgruppe") dieser Gruppe war bereits auf S. 1013 und S. 1015 die Rede; die Entwicklung der retrograden Hälfte erfolgt auf eine durchaus verschiedene Weise, auch erreicht dies retrograde Gruppenstück viel langsamer als das direkte ein fortgeschrittenes Stadium der Gruppenentwicklung, und dem entspricht es, daß in dem retrograden Fall kritische Kommensurabilitäten (vgl. S. 1014 und S. 1015) nicht vorkommen können. Durchaus analog liegen die Verhältnisse bei einem anderen Gruppenpaar, dessen beide „Hälften" im unendlich fernen Punkte der Koordinatenebene miteinander zusammenhängen, aus welchem sie als massenferne kreisähnliche Gruppenstücke entspringen, nur daß jetzt an derjenigen Stelle der Gruppe, an welcher die beiden Gruppenhälften ineinander übergehen, nicht nur die Energie, sondern auch die Periode und die Bahndimensionen unendlich werden. — Endlich läßt das STRÖMGRENsche Abschlußprinzip zu, daß weder ein Unendlichwerden der drei erwähnten Bestimmungsstücke noch die Erreichung einer der fünf LAGRANGEschen Librationspunkte erfolgt, wie weit man auch die Fortsetzung der Gruppe treiben mag, es behauptet aber für diesen Fall, daß die in der Gruppe enthaltenen periodischen Lösungen eine in sich geschlossene Mannigfaltigkeit bilden, so daß man bei hinreichend weitgehender Fortsetzung der Gruppe zu denselben Bahnen zurückkommt, von denen man ausgegangen ist, und insbesondere die innerhalb einer solchen „Gruppenperiode" sich entwickelnden komplizierten Bahnformen in der zweiten Hälfte der Gruppenperiode sich zurückentwickeln. Etwas präziser ausgedrückt besagt dies, daß alle Bestimmungsstücke einer festen Bahn der Gruppe, die stets analytische Funktionen der Energie der Bahn sind, bei den geschlossenen Gruppen analytische *periodische Funktionen der Energie* sein müssen. Unter „Fortsetzung" einer Gruppe ist freilich auch bei den natürlich abgeschlossenen Gruppen die *analytische* Fortsetzung der Bestimmungsstücke (d. h. der FOURIERschen Koeffizienten und der Periode) zu verstehen, die reelle analytische Funktionen der Energie sind.

* * *

STRÖMGREN hat, wie gesagt, diese Ergebnisse auf empirischem Wege gefunden, d. h. aus seinem durch mechanische Quadraturen gewonnenen numerischen Material induktiv abgelesen, während umgekehrt die numerische Durchmusterung des Problems im Laufe der Untersuchungen durch diese Prinzipien befruchtet wurde. Es ist oben erwähnt worden, daß in letzter Zeit auch eine mathematische Sicherstellung gelang (wegen des bei solchen Fragen zur Verfügung stehenden formalen Apparates vgl. oben S. 1014). Dies ist folgendermaßen zu verstehen. Es kann mathematisch bewiesen werden, daß, *wenn* man die analytische Existenz eines noch so *kleinen* Gruppenstückes durch *konvergente* Prozesse erwiesen hat, dieses kleine Gruppenstück in Abhängigkeit der Bahn von der Energie auf reelle Weise und im Sinne der analytischen Funktionentheorie solange analytisch (übrigens nicht notwendig *regulär*-analytisch) fortgesetzt werden kann, daß entweder ein natürlicher Abschluß oder das Insichschließen der Gruppe erfolgt. *Wie* man dabei den notwendigen „Existenzbeweis *im kleinen*", d. h. die analytische Herstellung jenes hinreichend kleinen Anfangsstückes der Gruppe, bei den meisten Gruppen erreichen kann, haben wir oben in dem charakteristischen Fall der HILLschen Gruppe erwähnt; vgl. auch oben S. 1014. Dies gilt bei jedem Werte des Massenprozentsatzes. In numerischen Untersuchungen muß man sich freilich für eine ganz bestimmte Wahl des Massenprozentsatzes entscheiden, und in den Kopenhagener Arbeiten wurde dieser gleich $\frac{1}{2}$ gesetzt, so daß die dabei numerisch gefundenen Resultate bei jedem Werte des Massenprozentsatzes charakteristisch sein dürften, da der Kopenhagener Massenprozentsatz die Verein-

fachungen, die bei kleinen Massenprozentsätzen von der Anwendbarkeit des Störungsprinzips herrühren, von vornherein ausschließt (es sei hier erwähnt, daß der Massenprozentsatz in dem Problem der kleinen Planeten von der Größenordnung 10^{-8} ist).

Allerdings sieht sich der Mathematiker noch vor äußerst schwierige und ihm zur Zeit sogar prinzipiell unzugängliche Aufgaben gestellt, wenn man von ihm ohne Einbeziehung des numerischen Materials etwas über die *gestaltliche* Struktur der Bahnformen *„im großen"*, d. h. während des ganzen Ganges einer durch ihr Anfangsstück gegebenen Gruppe, des näheren erfahren will. Auf die diesbezüglich vorliegenden Ansätze kann hier ebensowenig eingegangen werden wie auf eine nähere Besprechung der Genealogie der verschiedenen von STRÖMGREN numerisch aufgebauten Gruppen.

Vulkanische Glutwolken und Glutlawinen.

Von A. RITTMANN, Neapel.

Zu den gefährlichsten vulkanischen Erscheinungen gehören unzweifelhaft die Glutwolken und Glutlawinen. Seit dem 16. Jahrhundert wurden sie mehrfach beobachtet, aber die Besonderheiten ihres Mechanismus hatte man nicht erkannt. Erst die meisterhaften Untersuchungen von A. LACROIX über die furchtbaren Ausbrüche der Montagne Pelée auf Martinique im Jahre 1902 klärten diese Erscheinungen auf. Seine Beschreibung der „nuées ardentes" lenkte die Aufmerksamkeit der Forscher auf diese und ähnliche Eruptionsvorgänge, und es stellte sich heraus, daß sie gar nicht so selten sind, wie man anfangs vermutete. An Hand von Berichten über ältere Vulkanausbrüche konnten sie mehrmals nachgewiesen werden, und seit 1902 wurden sie oft beobachtet.

Glutwolken, Glutlawinen und verwandte Erscheinungen stellte man bei folgenden Vulkanausbrüchen fest: Saõ Jorge, Azoren (1580); Vunuweri auf Teon, Molukken (1659); Awu auf Groß-Sangi nördlich von Celebes (1711); Jorullo, Mexiko (1750); Kilauea auf Hawaii (1790); Soufrière auf Guadeloupe, Kleine Antillen (1798); Saõ Jorge (1808); Soufrière auf St. Vincent, Kleine Antillen (1812); Colima, Mexiko (1818); Galungung und Merápi auf Java (1822/23); Gedeh (1840); Lópewi, Neue Hebriden (1864); Ceboruco (1870/75); Doña Juana, Columbien (1899); Montagne Pelée auf Martinique (1902/03); Soufrière von St. Vincent (1902); Novarupta beim Katmai, Alaska (1912); Colima, Mexiko (1913); Sakurashima, Japan (1914); Ruang auf Groß-Sangi (1914); Penet Saguë und Merápi, Java (1920); Santa Maria, Guatemala (1922/25); Aeseput, Minahassa, Celebes (1923); Kilauea (1924); Colima (1926); Izalco (1926); Merápi, Java (1930); Stromboli (1930); u. a.

Die Glutwolken und verwandten Erscheinungen sind durch folgende gemeinsame Eigenschaften gekennzeichnet:

1. Sie bestehen aus einer Emulsion von festem Material in heißen Gasen, die im Mittel ein wesentlich größeres spezifisches Gewicht besitzt als die Luft.

2. Sie besitzen eine außerordentlich große Beweglichkeit, so daß sie wie Flüssigkeiten unter dem Einfluß der Schwerkraft die Berghänge meist längs vorhandener Talrinnen mit großer Geschwindigkeit herabfließen und bedeutende mechanische Wirkungen ausüben.

3. Ihre Temperatur beträgt bis 800° und mehr; infolgedessen wirken sie vernichtend auf alle Lebewesen.

4. Die von ihnen verwüsteten Gebiete sind relativ klein, meist langgestreckt und oft sektorförmig vom Ausgangspunkt aus sich verbreiternd.

Über diese gemeinsamen Eigenschaften hinaus können jedoch prinzipielle und graduelle Unterschiede festgestellt werden, die in genetischer Hinsicht eine Einteilung der Glutwolken und verwandten Erscheinungen in wenigstens vier Arten mit graduell verschiedenen Abarten rechtfertigen.

1. Absteigende Glutwolken.

Die ausführlichste Beschreibung absteigender Glutwolken verdanken wir A. LACROIX, der sie wiederholt an der Montagne Pelée in den Jahren 1902 und 1903 beobachtete. In der zweiten Aprilhälfte 1902 begann der Ausbruch. Es kam wiederholt zu Aschenfällen, die von primären und sekundären Schlammströmen begleitet wurden. Anfangs Mai trat im Krater äußerst zähflüssige andesitische Lava zutage, die sich über dem Förderschlot zu einer Kuppe aufstaute und dem nachdrängenden Magma den Weg versperrte. Die während der Erstarrung freiwerdenden juvenilen Gase sammelten sich unter dem Lavapfropf an und steigerten den Druck, bis am Morgen des 8. Mai eine seitlich gerichtete Explosion einen Teil der Kuppe wegsprengte und den hochkomprimierten Gasen den Weg ins Freie öffnete. Eine mit Aschen und Blöcken schwer beladene, schwarze, von Blitzen durchzuckte Eruptionswolke brach mit ungeheurer Gewalt hervor, rollte mit einer Geschwindigkeit von wenigstens 150 m/sec den Berghang hinunter und fegte orkanartig über die 9 km vom Krater entfernte Stadt St. Pierre hinweg, die sie mit ihren 26000 Einwohnern in wenigen Sekunden völlig vernichtete. Nach den Hitzewirkungen zu urteilen, muß die Temperatur dieser Glutwolke etwa 800° betragen haben. Ihre mechanischen Wirkungen waren ungemein stark: Selbst die dicksten Bäume wurden geknickt oder entwurzelt, alle quer stehenden Mauern der Gebäude bis auf den Grund zerstört, mitgerissene Gesteinsbrocken durchlöcherten wie Artilleriegeschosse einen eisernen Tank, und hölzerne Planken durchspießten die stürzenden Baumstämme.

In den folgenden Monaten wiederholten sich

die Glutwolkenausbrüche, aber nur noch einmal, am 30. August, erreichten sie das gewaltige Ausmaß der Eruption vom 8. Mai.

Alle absteigenden Glutwolken brachen explosiv aus den Seitenwänden der Lavakuppe hervor und erhielten durch die Explosion einen annähernd horizontal, ja sogar abwärts gerichteten Antrieb. Beim Austritt war das Volumen der hochkomprimierten Gasemulsion auffallend klein, dehnte sich aber in wenigen Sekunden um einige tausendmal aus. Die von der zerschmetterten Lavakuppe stammenden Blöcke eilten oft der eigentlichen Glutwolke voraus, wurden jedoch bald von ihr erreicht und überholt. Der den Boden entlang gleitende Teil der Glutwolke war schwer mit Aschen, Lapilli und Blöcken beladen, in einiger

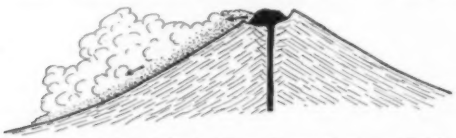


Fig. 1. Absteigende Glutwolke. Typus Montagne Pelée. Eine seitlich gerichtete Explosion sprengt einen Teil der Lavakuppe (schwarz) über den niedrigen Kraterrand hinweg. Unter der Wirkung der Schwere fließt die Emulsion von festen Bestandteilen in heißen Gasen mit großer Geschwindigkeit den Berghang hinunter. Die großen Blöcke fließen in den untersten Teilen der Glutwolke, während in größerer Höhe nur Feinaschen suspendiert sind.

Höhe traten die groben Bestandteile immer mehr zurück, und die höchsten Teile der Emulsion bestanden aus feinsten, in den heißen Gasen suspendierten Aschen. Im ganzen bildeten die Glutwolken geschlossene Massen, auf die selbst starke Winde keinen merkbar deformierenden Einfluß hatten. Die ungemein großartige, rollende und wirbelnde Bewegung der Gasmassen ist auf Reibung und Abkühlung zurückzuführen.

Die Bewegungsenergie der absteigenden Glutwolken stammte nur zu einem geringen Teil von der ausstoßenden Explosion her, vorherrschend war die Wirkung der Schwerkraft, die der abwärts fließenden Masse eine vom Böschungswinkel abhängige Beschleunigung erteilte. Noch bei 12 bis 15° Neigung erfolgte typische Fließbewegung. Das Verhältnis von anfänglicher Stoßwirkung und nachträglicher Schwerewirkung kam auch im Mangel einer durchgehenden Initialrichtung zum Ausdruck; die Glutwolken folgten nämlich allen Windungen der Talrinne der Rivière Blanche.

2. Zurückfallende Glutwolken.

Im Gegensatz zu den absteigenden Glutwolken ist die Anfangsexplosion der zurückfallenden Glutwolken vertikal oder nahezu vertikal aufwärts gerichtet. Die Eruptionswolke wird oft bis 3000 m in die Höhe geschleudert, statt sich aber, wie bei den meisten Ausbrüchen, in den höheren Luftschichten auszubreiten und Aschen- oder Lapilliregen zu verursachen, fällt die Emulsion als geschlossene Masse auf den Berg zurück und fließt die Hänge hinab. Die großen Blöcke bleiben meist in der Nähe des Kraters liegen, so daß nur eine Emulsion feineren Materials mit den heißen Gasen zum Abfluß kommt. Dementsprechend ist die mechanische Wirkung im allgemeinen etwas geringer als bei den direkt absteigenden Glutwolken, und auch die Temperaturen dürften infolge bereits eingetretener Abkühlung etwas niedriger sein. Die Wirkungen sind jedoch ebenfalls verheerend, trotzdem die Bewegungsenergie ausschließlich von der Schwerkraft stammt und keinen Explosionsimpuls aufweist.

Zur Entstehung zurückfallender Glutwolken müssen zwei Bedingungen erfüllt sein: Die Eruptionswolke muß viel feste Bestandteile enthalten, und die sie auswerfende Explosion darf nur kurze Dauer haben. Besonders dieser letztere Umstand spielt eine entscheidende Rolle. Folgen sich nämlich die Explosionen in kurzen Zwischenräumen, so entsteht ein kontinuierlich aufsteigender Gasstrom, der die Eruptionswolke am Zurückfallen verhindert, so daß sich keine Glutwolke bilden kann. Vielmehr breitet sich dann die Eruptionswolke in großer Höhe pinienförmig aus oder wird vom Wind abgetrieben und verursacht die gewöhnlichen Aschen- und Lapillifälle.

Zurückfallende Glutwolken wurden ebenfalls an der Montagne Pelée beobachtet. Besonders charakteristisch traten sie jedoch an der Soufrière von Saint Vincent auf: Aus dem tiefen Krater-

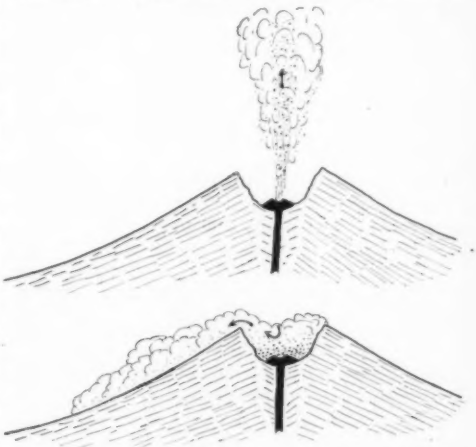


Fig. 2. Zurückfallende Glutwolke, Typus Soufriere von St. Vincent. A. eine heftige Explosion von kurzer Dauer wirft die Eruptionswolke vertikal in die Höhe. Bruchstücke der Lavakuppe und Aschen werden von den heißen Gasen mitgerissen. B. Die Eruptionswolke fällt in den Krater zurück, in dem die schwereren Bestandteile der Emulsion zum Absatz kommen. Die mit Feinaschen beladenen heißen Gase fließen über den Kraterrand und gehen als Glutwolke zu Tal.

kessel senkrecht emporgeschleudert, fielen sie dann in der Hauptsache schwer in ihn zurück, flossen über seine Ränder und strömten verheerend über die Außenhänge des Vulkans hinab. Auch hier verstopfte eine weitgehend verfestigte Lavakuppe den Vulkanschlot. Der Explosionsmechanismus war daher dem der absteigenden Glutwolken der Montagne Pelée sehr ähnlich. Anders lagen die Verhältnisse — nach den zeitgenössischen Berichten zu urteilen — bei den Ausbrüchen auf der Azoreninsel Saõ Jorge in den Jahren 1580 und 1808. Der Bildung der neuen Eruptionsöffnungen gingen heftige Erdstöße voraus, dann kam es zum Auswurf von Aschen und Lapilli, und später wurden reichlich dünnflüssige Basaltlaven gefördert. Wiederholt verheerten zurückfallende Glutwolken, die bezeichnenderweise als feste Bestandteile nur Aschen führten, die vom Vulkan ausstrahlenden Täler und forderten zahlreiche Menschenopfer. Die kalorischen, mechanischen und physiologischen Wirkungen waren ähnlich wie bei den zurückfallenden Glutwolken der Montagne Pelée und der Soufrière von St. Vincent. Ein prinzipieller genetischer Unterschied ist jedoch in der Natur der Laven zu sehen. Die zähflüssigen bis beinahe festen andesitischen Laven der Antillenvulkane stauten sich zu Kuppen auf, die die Kratermündungen verstopften und so die Ansammlung der Explosionsenergie ermöglichten, während auf Saõ Jorge dünnflüssige Basalte zutage traten, die zur Bildung massiger Kuppen ungeeignet waren. Bezeichnenderweise erfolgten aber auch hier die Glutwolkenausbrüche immer nach einem Stillstand der Effusionen. Ob sich während dieser Ausflußunterbrechungen die Lava in den Kratertrichtern so weit verfestigt hatte, daß sie die Schlote verstopfte, ist aus den Überlieferungen nicht zu ersehen. Auch die Annahme einer Explosion von Gasgemischen (Knallgas?), die sich unter einer verhältnismäßig schwachen Lavakruste angesammelt hatten, bietet eine befriedigende Erklärungsmöglichkeit. Manche Ausbruchserscheinungen weisen auf die Mitwirkung explodierender Gase hin, für deren Vorhandensein jedoch bis heute noch kein eindeutiger Beweis erbracht wurde, wie überhaupt unsere Kenntnisse von den Eruptionsmechanismen noch sehr lückenhaft sind.

3. Primäre Glutlawinen.

Die Entstehung der absteigenden und der zurückfallenden Glutwolken ist — wie oben gesagt wurde — in erster Linie an das explosionsartige Freiwerden großer, hochkomprimierter Gasmassen aus der Vulkanesse gebunden, und die Schwerkraft bewirkt erst *nach* dem Auswurf der Emulsionswolke ihr Abfließen. Im Gegensatz dazu entstehen Glutlawinen ausschließlich infolge der Gravitationswirkung auf labile, glühende, aber bereits weitgehend verfestigte Lavamassen. Sie könnten als „heiße Bergstürze" bezeichnet werden, wenn nicht die bei ihrer Entwicklung auftretende Entgasung ihnen ein eigenes Gepräge verliehe, das eine große Ähnlichkeit zum Verhalten der Glutwolken bedingt. Wenn zähflüssige und oberflächlich bereits erstarrte Lava durch das nachdrängende Magma gehoben und auf den Außenhang des Vulkans geschoben wird, so kommt es leicht zum Absturz größerer Blockmassen. Durch die plötzliche Druckentlastung an der Abbruchstelle werden heiße magmatische Gase aus dem Innern der Lavamasse und zum Teil auch die in den Blöcken selbst okkludierten Gase frei und vermengen sich mit den festen Lavabruchstücken aller Dimensionen zu einer den Glutwolken analogen Emulsion, die als äußerst bewegliche und geschlossene Masse zu Tal geht. Ihre Wirkungen sind oft verheerend, bleiben aber weit hinter denen der echten Glutwolken zurück und sind natürlich von der Menge der abstürzenden Massen und der frei werdenden Gase abhängig. Handelt es sich nur um geringe Gasmassen, so kann sich keine leichtbewegliche Emulsion bilden, und das Phänomen reduziert sich tatsächlich auf einen „heißen Bergsturz" oder den Absturz vereinzelter heißer Lavablöcke. Steigert

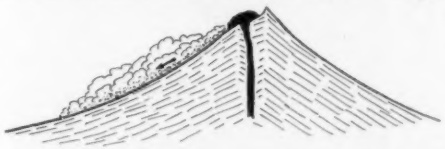


Fig. 3. Primäre Glutlawine, Typus Meràpi in Mitteljava. Teile der auf den steilen Außenhang des Vulkans geschobenen Lavakuppe stürzen ab. Infolge heftiger Entgasung bildet sich eine den Glutwolken ähnliche Emulsion, die mit großer Geschwindigkeit zu Tal fließt.

sich dagegen die Menge der freiwerdenden Gase, so wird die Analogie zu den absteigenden Glutwolken immer auffälliger, bis zu den schwer zu klassifizierenden Übergangsgliedern, bei denen die Gase aus der Lavakuppe explosionsartig entweichen und den abstürzenden Massen einen Bewegungsimpuls vermitteln. Die Grenze zwischen Glutwolken und Glutlawinen erscheint in diesem Falle verwischt. Den prinzipiellen Unterschied sehe ich darin, daß der primäre Bewegungsimpuls bei den Glutwolken von erumpierenden Gasen, dagegen bei den Glutlawinen vom Absturz fester Lavamassen ausgeht. Es muß aber betont werden, daß beim Abfließen der Glutwolken die Gravitation als sekundäre Kraft eine hervorragende Rolle spielt, und daß andererseits bei den Glutlawinen die oft heftige Entgasung den abstürzenden Massen eine sekundäre Beschleunigung erteilt. Zur Unterscheidung der beiden nahverwandten Erscheinungen gilt es demnach festzustellen, ob Explosion oder Gravitation den bewegten Massen den ersten Antrieb verleiht.

Beispiele für primäre Glutlawinen sind zahlreich. Am häufigsten und am besten wurden sie am Gunung Meràpi in Mitteljava beobachtet, an dem allerdings auch absteigende Glutwolken auf-

treten, wie die Eruption des vergangenen Jahres gezeigt hat.

4. Sekundäre Glutlawinen.

Während des größten historischen Ausbruchs des Stromboli am 11. September 1930 kam es zu der seltenen Erscheinung von sekundären Glutlawinen, deren Mechanismus und Wirkung ich an Ort und Stelle eingehend untersuchen konnte[1].

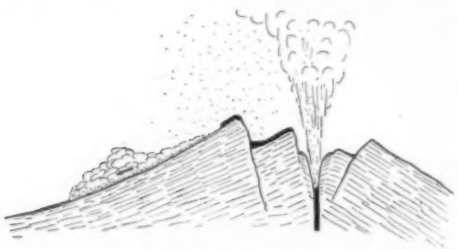


Fig. 4. Sekundäre Glutlawine, Typus Stromboli. Während eines heftigen Ausbruches werden die oberen Berghänge meterdick mit bimssteinartigen Wurfschlacken bedeckt, die den Halt verlieren und, gemengt mit den freiwerdenden okkludierten Gasen, als glutwolkenartige Emulsion den Berghang hinabfließen.

Nach einem leichten Aschenausbruch als Vorphase setzte die Haupteruption plötzlich mit zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Explosionen von außerordentlicher Heftigkeit ein. Bis 35 t schwere Blöcke bombardierten das etwa 3 km entfernte Dorf Ginostra und richteten großen Schaden an. Die Kraterterrasse wurde um 70 m erniedrigt. In der zweiten Phase des Ausbruchs wurden 40 Minuten lang riesige Mengen hell glühender Lavafetzen ausgeworfen, die den östlichen Teil der Insel bestreuten und die Vegetation verbrannten. Beim Erstarren blähten sie sich bimssteinartig auf. Am Ende dieser Ausbruchsphase bildete sich eine sekundäre Glutlawine, die vier Menschenopfer forderte und viel Schaden anrichtete.

Der obere Teil des Stromboli wird auf der Ostseite von ausgedehnten Aschen- und Sandhalden mit einem Böschungswinkel von 36° gebildet, die hangabwärts zum Teil in bis zum Meeresstrand reichende, schluchtartige Erosionsrinnen auslaufen. Auf den kahlen Berghängen lagerte sich während des Ausbruchs eine fast meterdicke Wurfschlackenschicht ab, die den Halt verlor und ins Rutschen geriet. Dabei wurden die spröden Schlacken zerrieben und die darin okkludierten Gase frei, die die Menge der bei der Erstarrung entweichenden Gase vergrößerten. So bildete sich ein den Glutwolken ähnliches Gemenge von Aschen, Schlackenbruchstücken, mitgerissenen Steinen und heißen Gasen, das sich mit einer Höchstgeschwindigkeit von 15—20 m in der Sekunde bis an die Küste wälzte und sich deltaartig ins Meer vorschob. Die Vegetation wurde in größerem Umkreis völlig vernichtet, das Meerwasser geriet in der Kontaktzone ins Sieden, wobei ein Bewohner der Insel, der in einer Brandungshöhle Schutz gesucht hatte, derart verbrüht wurde, daß er an den Folgen starb. Drei andere fand man am Rande der Glutlawine als halbverkohlte Leichen. Die bewegte Schlackenmasse schätze ich auf etwa 75000 cbm und ihre Temperatur auf wenigstens 700°.

Zusammenfassend ergibt sich folgende Charakteristik und Systematik der Glutwolken und Glutlawinen:

	I. Glutwolken		II. Glutlawinen	
	1. absteigende	2. zurückfallende	1. primäre	2. sekundäre
Gemeinsames Merkmal-Material	Leichtbewegliche, fließfähige Emulsion von Blöcken, Lapilli, Aschen oder Schlacken in heißen Gasen (> 100°)			
Ursprungsort	Eruptionszentrum (Krater, Lavakuppe usw.)			Außenhang des Vulkans
Entstehungsursache	Explosionsartig erumpierende Gase		Absturz fester Lava- oder Schlackenmassen	
Primärkraft	*Explosion*		*Gravitation*	
Initialrichtung	± horizontal seitlich	± vertikal aufwärts	hangabwärts	
Sekundärkraft	Gravitation		Entgasungsdruck und Gravitation.	

Eine weitergehende Differenzierung kann sich auf graduelle Unterschiede sowie auf die Natur der Laven und die Dimensionen der festen Bestandteile stützen. Nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse dürfte jedoch die hier gegebene Einteilung in absteigende und zurückfallende Glutwolken, primäre und sekundäre Glutlawinen genügen.

[1] A. RITTMANN, Der Ausbruch des Stromboli am 11. September 1930. Z. f. Vulkanologie **14**, H. 2 (Berlin 1931).

Kurze Originalmitteilungen.

Unter Mitwirkung von MAX HARTMANN, MAX v. LAUE, ARTHUR ROSENHEIM und MAX VOLMER.
Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.
Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *kurzen Originalmitteilungen* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken.

Das experimentell hervorgerufene Hochzeitskleid des kastrierten Fisches als Stigma einer Test- und Standardisierungsmethode des männlichen Sexualhormons.

Der Umstand, daß die Auffindung einer schnell ablesbaren Zeitreaktion zu einer Reindarstellung des männlichen Sexualhormons unerläßlich ist, hat die Gef. veranlaßt, eine Test, und Auswertungsmethode auszuarbeiten, die, was Schnelligkeit, Empfindlichkeit, Eindeutigkeit, Sparsamkeit, Wartezeit, Dauer und leichte Erkennbarkeit betrifft, von keiner der bisherigen Standardisierungsmethoden von Hormonen erreicht wird. Verwendet werden hierzu Bitterlingsmännchen (*Rhodeus amarus*), 5—8 cm lange Fischchen, die in den Gewässern Mitteleuropas heimisch sind und sonst keinerlei Verwendung finden. Dieselben werden in 7prom. Urethanlösung narkotisiert und kastriert nach einer Operationsmethode, welche nur wenige Minuten in Anspruch nimmt. Nach 4 Wochen ist die Operationswunde verheilt, und die kastrierten Tiere können zu Injektionen mit Sexualhormon herangezogen werden. Die Operationstechnik, ebenso die Art und Weise der Injektion, erfordert einige Übung, damit nicht große Verluste entstehen. Als Testmerkmal gilt das Hochzeitskleid des Bitterlings. welches die Männchen sonst nur zur Laichzeit zu tragen pflegen. Dasselbe ist außerordentlich charakteristisch und besteht in einer intensiven Rotfärbung der Afterflosse und der vorderen oberen Spitze der Rückenflosse, Dunkelfärbung des Rückens, schwarzer Pigmentierung der Rückenflosse, in den stärkeren Graden auch Rötung von Bauch und Brust, prächtiges Schillern in Regenbogenfarben der Seitenflächen und schwarzer Pigmentierung der Bauchflossen.

Als Maß wurde eine *Fischeinheit* festgesetzt, d. i. die kleinste Menge des männlichen Sexualhormons, welches bei mindestens 3 von 4 annähernd gleich schweren, dreisömmrigen, wenigstens 30 Tage vorher oder länger kastrierten Bitterlingsmännchen, in einer Menge von 0,2 ccm intraperitoneal injiziert, ein 4—5 Stunden währendes Hochzeitskleid zu erzeugen vermag. 0,1 ccm einer Lösung von Yohimbinum hydrochloricum 1 : 500000, d. i. 0,0002 mg, ist imstande, ein diesem gleichwertiges Hochzeitskleid hervorzurufen, weshalb dasselbe auch zum Vergleiche herangezogen werden kann.

Es ist demnach mit dem GLASER-HAEMPEL-Test die Standardisierung des männlichen Sexualhormons in 5 Stunden ermöglicht und damit auch für die Darstellung desselben eine brauchbare Leitreaktion geschaffen.

Wien, Institut für allgemeine und experimentelle Pathologie der Universität und Institut für Hydrobiologie und Fischereiwesen der Hochschule für Bodenkultur, den 6. November 1931.

E. GLASER und O. HAEMPEL.

Über das Kernmoment des Rheniums.

Als Lichtquelle diente eine Schülerlampe, deren Kathode mit flüssiger Luft gekühlt wurde. Die Hohlkathode enthielt Rheniumschwamm. Als Füllgas wurde reines Argon benutzt. Der von der Metallampe abgegebene Wasserstoff verschwand bald nach Einschalten der Entladung. Dann trat bei einigen Millimetern Argondruck das kathodische Leuchten des Rheniums auf (grün-bläulich), das photographiert wurde.

Die optische Anordnung bestand aus einem kleinen HILGERschen Spektrographen mit einem Glasprisma von 90 Grad Ablenkung, welches die Grobdispersion lieferte. Die Feindispersion wurde durch ein PEROT-FABRYsches Interferometer erzeugt, welches zwischen Kollimatorrohr und Prisma eingeschaltet wurde.

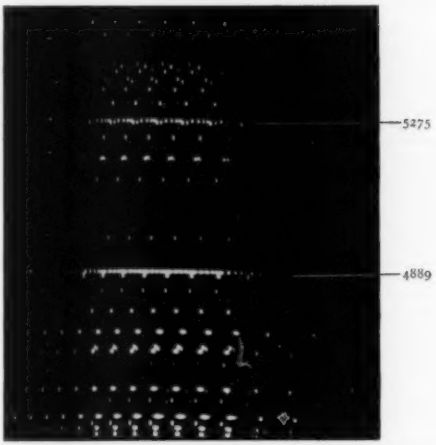


Fig. 1.

Die Aufnahme ist in Fig. 1 wiedergegeben. Sie enthält hauptsächlich Linien des blauen Argonspektrums und daneben zwei starke Rheniumlinien $\lambda\lambda$ 4889,2 und 5275,6, *die in je sechs Komponenten aufspalten*. Ihre Termdarstellung lautet nach MEGGERS ${}^6S_{\frac{5}{2}} - {}^6P_{\frac{7}{2}}$ und ${}^6S_{\frac{5}{2}} - {}^6P_{\frac{5}{2}}$, wo der S-Term der Grundterm des Spektrums ist und die beobachtete Aufspaltung von den P-Termen herrührt.

Daraus ergibt sich in Verbindung mit der Intervallregel ein Kernmoment von $\frac{5}{2}$, wie bereits kürzlich durch Aufnahmen am großen Gitter festgestellt wurde[1], [2], [3]. ASTON findet zwei Isotope Re_{187} und Re_{185} im Mengenverhältnis 1,62 : 1. Ihre Hyperfeinstrukturen zeigen keinen Isotopen-Verschiebungseffekt und folgen der LANDEschen Intensitätsregel. Daraus schließen wir mit MEGGERS, daß beide Isotope das gleiche Kernmoment $i = \frac{5}{2}$ haben.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität, den 6. November 1931. L. A. SOMMER. P. KARLSON.

[1] MEGGERS, Physic. Rev. **37**, 219 (1931), **38**, 1258 (1931).
[2] GREMMER u. RITSCHL, Z. Instrumentenkde **51**, 170 (1931).
[3] ZEEMAN, GISOLF, DE BRUIN, Nature **128**, 637 (1931).

Besprechungen.

WEGENER, G., **China, eine Landes- und Volkskunde.** Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1930. 233 S., 30 Abbild. auf 16 Tafeln, 22 Textskizzen. 15×22 cm. Preis RM 12.—.

Nur wenigen deutschen Geographen ist es vergönnt gewesen, sich loslösend von den Wegen und Plätzen, die der Weltverkehr im vorigen Jahrhundert auch für den flüchtigeren Besucher zugänglich gemacht hat, in den großen Räumen Chinas nach eigenem Plan zu reisen und zu forschen. Der Altmeister der geographischen Forschung in China, FERDINAND V. RICHTHOFEN, hat das Land in seinen wichtigsten Teilen auf weiten Reisen, wie sie nach ihm noch kein anderer hat ausführen können, gequert und damit und mit der Darstellung seiner unvergleichlich reichen Ergebnisse den unverrückbaren Markstein der geographischen Erforschung des Landes gesetzt. Zu den wenigen nach ihm gehört als einer seiner Schüler GEORG WEGENER. In den Jahren 1900/01 betrat er zum erstenmal den Boden Chinas, verlor damals auf der unglücklichen Fahrt des ersten für die Querung der Yangtse-Schnellen oberhalb Itshang gebauten Dampfers der Firma Rickmers all sein Gepäck und Instrumentar und wurde dadurch an der Durchführung aller weiteren Pläne verhindert. In den Jahren 1906/07 gelang es ihm dann noch einmal hinauszugehen und in mehrmonatiger Reise zum erstenmal das Flußgebiet des Kan Kiang in Kiangsi aufzunehmen. Nachdem er die Ergebnisse dieser Reise bereits in einem Reisewerk zur Darstellung gebracht hat, legt er nun als Ergebnis eigener Forschung und der Verarbeitung einer umfangreichen Literatur eine knappe, allgemeinverständlich gehaltene und anregend geschriebene Landes- und Volkskunde Chinas vor. Das Schwergewicht liegt, wie ja auch der Titel schon andeutet, in dem anthropogeographischen Teil dieses Buches, in der Darstellung der historischen Entwicklung des Chinesentums, seiner materiellen und geistigen Kultur, seiner gesellschaftlichen und staatlichen Struktur. Darüber hinaus ist von großem Interesse die aus der fast unübersehbaren Fülle der Ereignisse das Wesentliche herausarbeitende Darstellung Chinas im neunzehnten Jahrhundert, seines Niederganges im Innern und der Angriffe des imperialistischen Europas und Japans von außen. Klarer, als es bisher wohl geschehen, wird dann die jüngste Entwicklung Chinas geschildert, so daß die Lektüre des Buches gerade dem Naturwissenschaftler, der sich mit Fragen seines Fachs im Fernen Osten beschäftigt, zuverlässige Einführung in die Fragen chinesisch-ostasiatischer Kultur und Politik bedeuten wird.

Im ersten Teil des Buches steht unter den für den Naturwissenschaftler wichtigen Fragen im Mittelpunkt die Darstellung der Bodengestalt und ihrer Entstehung. Hier ist die Beschreibung zweifellos gut und durch vielfach eigene Anschauung des Autors lebendig. Die Kausalauffassung aber dürfte den Ansprüchen der heutigen geologischen und morphologischen Forschung kaum noch ganz genügen, und die neuere Literatur sowohl über Struktur wie Skulptur findet keine genügende Berücksichtigung. Das muß in dieser für die „Naturwissenschaften" gemachten Besprechung gesagt werden, bedeutet aber nur eine bedingte Einschränkung des oben hervorgehobenen Wertes dieses eben vor allem auf die Kulturerscheinungen des ostasiatischen Menschen abgestellten Chinabuches. W. CREDNER, Kiel.

BEYSCHLAG, FRANZ, **Geologische Karte der Erde.** Herausgegeben mit Unterstützung der Preuß. Geologischen Landesanstalt. Wissenschaftliche Redaktion WALTER SCHRIEL. 12 Blätter im mittl. Maßstab von 1:15 Mill. Berlin: Gebr. Borntraeger 1930. Drei Lieferungen zu je vier Blättern. Subskriptionspreis für die ganze Karte RM 150.—.

Zwei Lieferungen der geologischen Karte der Erde sind bisher erschienen. Sie lassen erkennen, daß dies Kartenwerk für den Geologen und Geographen als Berater in regionalen und tektonischen Fragen von großer Bedeutung ist und eine wohl überall im Unterricht unangenehm empfundene Lücke im geologischen Kartenmaterial ausfüllt.

Ausgeschieden sind Archaikum, Algonkium, Kambrium, zweigeteiltes Silur, unteres, mittleres und oberes Devon, Unter- und Ober-Karbon, Rotliegendes und Zechstein, die drei Stufen der Trias und des Jura, Unter- und Oberkreide, Palão- und Neogen, Diluvium und Alluvium. Für den kleinen Maßstab der Karte ist dies eine sehr erfreuliche Zahl von Formationsgliedern. Für wenig erforschte Gebiete waren Zusammenziehungen dieser Glieder eine Selbstverständlichkeit. Bei den Eruptivgesteinen wurde etwas summarischer verfahren. So werden bei den Tiefengesteinen nur Granit und Gabbro (!) unterschieden, bei den Ergußgesteinen palão-, meso- und neovulkanische. Die metamorphen Reihen erhielten besondere Signaturen.

Die Wahl der Farben ist im ganzen als glücklich und wirkungsvoll zu bezeichnen. Selbst eine gewisse Fernwirkung ist trotz der Kleinheit der meisten Einzeichnungen erzielt. Über das, was in einem solchen Übersichtszwecken dienenden Kartenwerk an geologischen Einzelheiten dargestellt werden müßte und was bei Wahrung des wünschenswerten klaren Bildes eben noch darstellbar ist, werden die Meinungen auseinandergehen können. Dem persönlichen Takt, der mehr tektonischen oder mehr stratigraphischen Einstellung des Autors steht hier ein weiter Spielraum offen. So ist auch auf der Karte der Erde manches eingetragen, was man missen könnte, manches weggelassen, was man suchen wird. Es ist allerdings auch einiges in ihr zu finden, was nur als Fehler zu werten ist und bei einem Werke, das wohl so bald nicht wieder gedruckt werden wird, hätte vermieden werden sollen.

Alles in allem ist der Gedanke, eine solche handliche Übersichtskarte zu bringen, als sehr glücklich zu bezeichnen. E. KRENKEL, Leipzig.

V. BUBNOFF, S., **Geologie von Europa.** Bd. II, Teil 1. Berlin: Gebr. Borntraeger 1930. XII, 690 S., 4 Tafeln und 201 Textfiguren. 17×26 cm. Preis RM 49.50.

Auch dieser Band der Geologie von Europa (II. Bd., 1. Teil) erweist erneut die Fruchtbarkeit der KRENKELschen Idee einer Geologie der Erde. Allerdings dürfte kein anderer Kontinent als Europa eine analytisch wie synthetisch so detaillierte wie von sehr hohem Standpunkt aus zusammenfassende Darstellung zulassen, wie sie hier gegeben wird. Die Voraussetzungen waren durchaus günstig, die Aufgabe groß und äußerst reizvoll; dieser Aufgabe ist der Verfasser durchaus gerecht geworden.

Der vorliegende Band umfaßt vom außeralpinen Westeuropa die Kaledoniden und Varisciden.

Darin zeigt sich die Art der Gliederung, die für ein regionalgeologisches Werk ja von so großer Bedeutung ist: Osteuropa—Westeuropa. Dann aber treten zeitliche Gesichtspunkte in Erscheinung: die Darstellung der Fragmente alter Gebirge in der zeitlichen Abfolge: 1. Kaledoniden, dann 2. Varisciden.

Die Darstellung der einzelnen großtektonischen Elemente, wie etwa Harz oder Zentralplateau erfolgt in der Weise, daß zunächst eine eingehende Gliederung des Baumaterials gegeben wird, Gesteinsdarstellung mit Fossilinhalt, jedoch schon hier nicht rein deskriptiv allein, sondern genetisch, indem die Zusammenhänge zwischen Sedimentation und Hochgebiet gesucht, die Abhängigkeiten der späteren tektonischen Struktur von der Gesteinsbildung angedeutet werden. Der monotone und pädagogisch so tödliche rein deskriptive Standpunkt unserer stratigraphischen Lehrbücher ist hier völlig überwunden.

Diese Darstellungen sind im weitesten Sinne wirkliche Geschichte eines Erdkrustenteiles bis zu seinem Höhepunkt, in welchem dem betreffenden Teil der Erdkruste sein ihm für lange Zeit typisches Gepräge verliehen wird.

Den Ablauf der Geschichte eines Gebietes kurz darzustellen gelingt dem Verfasser durch graphische Schilderungen, die neben einer Kurve der Facies eine solche der Epirogenese bringen, die aus der Sedimentmächtigkeit errechnet wird. Diese neue Methode erscheint mir als eine prägnante Form der Darstellung orogenetischen und epirogenetischen Geschehens in der Zeit. Allerdings dürften für diese quantitative Methode die Unterlagen noch nicht immer exakt genug sein.

Über die rein strukturelle Schilderung hinaus werden auch die Lagerstätten der einzelnen großtektonischen Einheiten soweit das möglich ist in ihrer genetischen Beziehung zur Darstellung gebracht.

Es ist selbstverständlich, daß die hier gewählte Art der Darstellung unter Betonung der Zeitlichkeit große Nachteile birgt. Wir bekommen so keine zusammenhängende Darstellung der einzelnen Länder, z. B. Frankreichs, da in ihm großtektonische Einheiten verschiedenen Alters, varistischer und alpidischer Provenienz auftreten und die zeitliche Anordnung ihre Unterbringung an verschiedenen Stellen erfordert. Mir scheint aber die von v. Bubnoff getroffene Entscheidung die größeren Vorteile zu bieten: das große Werden der Kontinentalblöcke im Laufe der geologischen Vergangenheit sehen wir nur bei nicht gar zu starker Vernachlässigung des zeitlichen Gesichtspunktes.

Den regional-geologischen Gesichtspunkt nicht zu vernachlässigen hat sich der Verfasser dadurch mit Erfolg bemüht, daß er die Geschichte eines Erdkrustenteiles über den Paroxysmus des Geschehens hinaus verfolgt und die postorogenetische Geschichte eines Gebietes bis zur Ausbildung der heutigen Morphologie kurz zur Darstellung bringt. Hier überschneiden sich die Linien der Darstellungsmethoden. Aber Kompromisse sind in Anbetracht des Charakters der Objekte unvermeidbar. Mehr als es geschehen ist, sollten Hinweise Verwendung finden, um die regionalgeologische Orientierung zu erleichtern.

Sehr glücklich ist die Zusammenfassung des großen orogenetischen Geschehens, die Synthese des paläozoischen Mitteleuropa. Sie verknüpft erneut durch Einzeldarstellung verlorengegangene Zusammenhänge, zeigt bis dahin nicht überblickbare Gemeinsamkeiten und Zusammenhänge der einzelnen Fragmente.

Dieses Werk zeigt uns zum erstenmal, welche Fülle von neuem Tatsachenmaterial seit Eduard Suess zusammengetragen werden konnte. Mit hoher Befriedigung empfindet man bei intensiver Vertiefung in das Buch den hohen Stand der Verarbeitung dieses Tatsachenmaterials. A. Born, Berlin.

SANDER, BRUNO, **Gefügekunde der Gesteine. Mit besonderer Berücksichtigung der Tektonite.** Wien: Julius Springer 1930. VI, 352 S., 155 Abbildungen und 245 Gefügediagramme. 17×26 cm. Preis geh. RM 37.60, geb. RM 39.60.

Eines muß vorweggenommen werden, der Titel des Buches ist dem Inhalt nicht konform. Von dem weitschichtigen, nach einer allgemeinen Behandlung verlangenden Thema „Gefügekunde der Gesteine" ist ein sehr kleiner, sicherlich interessanter, aber für sich allein nicht abgeschlossener Teil behandelt. Der Verfasser des Buches ist kein Freund der Gliederung der Gefügeeigenschaften in Struktur und Textur. Das kann man durchaus verstehen, da eine scharfe Trennung der Begriffe im Einzelfalle nicht immer durchführbar ist. Wenn jedoch der Autor dem Buche den Titel Textur (d. h. Gefügekunde im Hinblick auf Anordnung der Mineralien im Raume und auf Raumerfüllung) der Gesteine gegeben hätte, wäre bereits eine bessere Übereinstimmung mit dem Inhalte erreicht worden. Auch dann müßte man noch Einschränkungen gelten lassen; denn eine erschöpfende Behandlung unter Berücksichtigung der Mitarbeit aller an diesen Fragen war offenbar nicht beabsichtigt; es handelte sich, wie im Vorwort steht, lediglich darum, ein besonderes Arbeitsgebiet, das B. Sander seit mehr als 20 Jahren in verstreuten Einzelarbeiten vertritt, deutlicher und übersichtlicher zu machen.

Nach dieser nur Äußerliches betreffenden Bemerkung, darf man um so mehr dem Autor Dank abstatten, daß er Terminologie, Methodik und Resultate seiner Untersuchungen und zum Teil derjenigen der übrigen österreichischen Petrographen zusammenfassend dargestellt hat. Es war ja nicht immer leicht, diese unzweifelhaft grundlegenden Arbeiten richtig einzuordnen, weil Ausdrucksweise und Begriffsbezeichnung keinen Anschluß an andere Untersuchungen anstrebten. Um so mehr war eine zusammenfassende Darstellung erwünscht, die nun den Fachgenossen noch insofern entgegenkommt, als sie wenigstens von den klassischen Arbeiten G. F. Beckers ausgeht, die bereits 1911 vom Referenten eingehend auf alpine Tektonik angewandt wurden.

Im wesentlichen handelt es sich in dem Buche um Erläuterung der Frage: welches sind die Erscheinungsformen und Ursachen geregelter kristalliner Korngefüge, unter besonderer Berücksichtigung derjenigen dislokationsmetamorpher Gesteine.

Im völligen Anschluß an G. F. Becker berichtet ein erster Teil über „Bewegung und Symmetrie der mechanischen Umformung". Die Gleitflächenbildung wird ihrer Bedeutung gemäß berücksichtigt. In der Natur der Sache liegt es, wenn die eigentlichen mathematischen Abstraktionen zum speziellen Problem nur indirekte Beziehung haben, da die Heterogenität nur qualitativ in Rechnung gestellt werden kann.

Eine Fundgrube von Beobachtungen und methodischen Hinweisen enthält der weit umfangreichere zweite Teil. Hier wird sichtbar, mit welch unermüdlicher Hingabe durch B. Sander und W. Schmidt die Kenntnisse über Gefügeregelungen in Gesteinen erweitert wurden. Prachtvolle Mikrophotographien und viele durch Vermessung mit dem Theodolithmikroskop erhaltene, stereographische Gefügediagramme stellen für eine spätere Gefügekunde wertvollstes Material dar. Eine solche sollte unbedingt als instruktives Beispiel eine geotektonische Provinz für sich behandeln, damit der Zusammenhang zwischen Großtektonik, speziellen Bedingungen und Material deutlich zutage tritt. Denn an und für sich wird diese Gefügekunde nicht ihrer selbst willen betrieben werden, sondern als ein neues wichtiges Hilfsmittel zur Erkennung der bei der Petrogenesis wirksam gewesenen Umstände.

Eingehender besprochen werden die Gefüge von Quarz, Kalzit, Glimmer, Feldspat und Hornblende. Viele Gesetzmäßigkeiten, Unterscheidungsmöglichkeiten, Zusammenhänge zwischen mechanischer Deformation und Textur erhalten eine nicht nur neuartige, sondern außerordentlich anregende Darstellung. Daß auch hier der Anschluß an außerösterreichische Beobachtungen (man denke an Beobachtungen Alb. Heims und seiner Schüler über mikroskopische Faltenbilder) nicht gesucht wird, und die Ergebnisse der Metallkunde nur wenig berücksichtigt werden, wird denjenigen nicht stören, der in erster Linie dieses Werk als Zusammenfassung der Arbeiten eines Forschers bewertet, der für die Neubelebung gefügeanalytischer Gesteinsuntersuchungen Ausgezeichnetes geleistet hat.

So wird jede wirklich allgemeine Gefügekunde der Gesteine diesen ersten selbständigen Versuch zu berücksichtigen und ihm viel Beobachtungsmaterial zu verdanken haben. Der nächste Schritt wird sein, daß man eingehend und vergleichsweise einzelne Gebiete im Sinne der gegebenen Ausführungen behandelt; denn heute ist das Gesamtmaterial für allgemeine Schlußfolgerungen kaum genügend. Mögen die Alpen wie in der Lehre von der Großtektonik auch in der Lehre von der Kleintektonik zum ausgezeichneten und best durchgearbeiteten Untersuchungsgebiet werden.

P. Niggli, Zürich.

SCHOLTZ, HERMANN, **Das varistische Bewegungsbild, entwickelt aus der inneren Tektonik eines Profils von der Böhmischen Masse bis zum Massiv von Brabant.** Fortschritte der Geologie und Paläontologie, herausgegeben von W. Soergel, Band VIII, Heft 25. Berlin: Gebr. Borntraeger 1930. 71 S., 31 Textfig. und 8 Taf. Preis geh. RM 15.—.

Diese Arbeit hat ein allgemeingeologisches und ein regionales Ziel. Das erste besteht in einer Aufklärung der Vorgänge bei der Entstehung der Schieferung der sandig-tonigen Sedimente. Das zweite Ziel ist ein Versuch, die Entstehung des varistischen (d. h. im jüngeren Paläozoikum entstandenen) Gebirges von Mitteleuropa eben auf Grund dieser Analyse der kleintektonischen Vorgänge mechanisch zu deuten.

Beide Probleme stehen heute im Mittelpunkt der tektonisch-geologischen Forschung und an beiden haben sich die verschiedensten Methoden der kartierenden und allgemeinen Geologie, der Petrographie und der physikalisch-mechanischen Gefügeanalyse versucht, ohne daß man heute noch von einem eindeutigen und allgemein anerkannten Resultat sprechen könnte. Scholtz versucht nun, die von Cloos ausgearbeitete und in dieser Zeitschrift mehrfach erläuterte kleintektonische Analyse der Bewegungen von glutflüssigen Schmelzen auf die Bewegungen der Sedimente zu übertragen und kommt auf diesem Wege zu Resultaten, welche zwar der Ergänzung und Vertiefung bedürfen, aber zum mindesten unseren Erfahrungsschatz ganz wesentlich bereichern.

Der Ausgangspunkt der Betrachtung liegt im südlichen Rheinischen Schiefergebirge, in den altdevonischen Schiefern und Quarziten des Hunsrück. Hier ist das Problem der Schieferung vor kurzem schon durch A. Born behandelt worden, worüber ich an dieser Stelle seinerzeit referiert habe. Scholtz kommt mit seiner mehr intensiven Betrachtungsweise, die von wenigen, aber um so genauer dargestellten Einzelaufschlüssen ausgeht, zu wesentlich abweichenden Ergebnissen. Born sieht in der Schieferung einen im wesentlichen statischen Vorgang, eine unter dem Einfluß der Belastung beginnende und nach der Tiefe zunehmende Umkristallisation (Metamorphose) der Gesteine, welche mit dem Faltungsvorgang unmittelbar nichts zu tun hat. Scholtz zeigt in direktem Gegensatz dazu, daß die Schieferungsflächen Bewegungsflächen sind, an denen zahllose kleinste Differentialverschiebungen stattgefunden haben. An Detailskizzen und Anschliffen von Gesteinen wird gezeigt, daß diese Differentialbewegungen dort unmittelbar zu beobachten sind, wo die Schieferung die ursprüngliche Schichtung kreuzt und bei der Bewegung treppenförmig zerlegt. Neben der Schieferung besteht dann noch in einigen Fällen eine „Schubklüftung", welche prinzipiell ähnlich wirkt und eine Runzelung der Schieferungs- und Schichtungsfugen bewirkt; die „Runzelschieferung" ist also nicht, wie Born das annahm, ein Ausdruck der Tiefenmetamorphose. Beide Bewegungselemente sind mit der Faltung gesetzmäßig verknüpft, derart, daß sie sich in die Achsenebene der Falten einzustellen trachten. Daraus folgt die Deutung der Schieferung als Fortsetzung der Faltung an weniger beweglichem, d. h. schon gefaltetem Material. Die Auswirkung an Gesteinen verschiedener Zusammensetzung (Schiefer, Quarzit) wird genauer untersucht.

Die so analysierten Merkmale der Schieferung und Schubklüftung geben wertvolle Anhaltspunkte über die Bewegungen bei der Faltung. Scholtz hat ihre Anordnung an einem Querschnitt durch das Rheinische Schiefergebirge und durch das Schiefergebirge Ostthüringens untersucht und kommt auf dieser Basis zu einer Deutung des gesamten Gebirgsbaues. In der heute viel besprochenen Alternative zwischen „freier Tektonik", d. h. einer Deckenüberschiebung von alpinem Charakter, und „gebundener Tektonik", d. h. einer ortsständigen Auspressung aus einzelnen Mulden zwischen starren kristallinen Rahmen, spricht der neue Beobachtungskomplex durchaus für die zweite Möglichkeit. Zwischen dem alterstarrten Brabanter Massiv im NW und der kristallinen Böhmischen Masse im SO liegt ein Trog mit faltbaren und „schieferungsfreudigen" Gesteinen, der durch die kristalline mitteldeutsche Schwelle (Spessart, Thüringer Wald, Südostharz) zweigeteilt ist. Die Anordnung der Bewegungsflächen ist durchaus gesetzmäßig, indem an die Mittelschwelle beiderseits eine metamorphe Zone und dann eine unsymmetrische „Großmulde" der Schieferungsflächen anschließt, welche im SO (Thüringen) eine Hauptbewegungstendenz nach SO, im NW (Rheinland) eine Hauptbewegungstendenz nach NW zeigt. Daß heißt, der an den mittleren Rücken anschließende Schenkel ist kurz mit steiler Stellung der Schieferung, der Gegenschenkel ist beiderseits breit mit flacher Lage der Schieferung. Auf Komplikationen im einzelnen kann nicht eingegangen werden; interessant sind die Beobachtungen am Ostthüringer Quersattel, der nun eine neue Deutung findet, welche auch die an ihm auftretenden Intrusionen von Schmelzflüssen zwangslos erklärt. Hier wäre allerdings eine etwas klarere und durch schematische Zeichnungen illustrierte Darstellung zu wünschen gewesen; der Referent glaubt, daß hier auch eine mechanisch wohl gleiche, aber in der Fassung abweichende Formulierung möglich wäre.

Im Resultat ergibt sich eine doppelseitige Ausschuppung von Großmulden, auf die umrahmenden kristallinen Kerne gerichtet.

Die Gesamtbewegung braucht trotzdem nicht nach zwei Seiten gerichtet zu sein, da eine Überschiebung der oberen Schichten nach SO auch als Unterschiebung der tieferen nach NW gedeutet werden kann. Das Sammelprofil von Scholtz, welches in diesem Sinne eine einheitliche Bewegungstendenz gegen NW anzeigt, ist daher mechanisch durchaus einleuchtend.

Auf die interessanten Einzelheiten kann leider nicht eingegangen werden. Unter den Punkten, welche noch einer weiteren Klärung bedürfen, sei vor allem der Einfluß der Überdeckung (Belastung) auf die Schieferung erwähnt; hier sind meines Erachtens einige Feststellungen von BORN noch nicht zwingend widerlegt. Ferner muß in Zukunft dem zeitlichen Problem der Entstehung der Schieferung mehr Aufmerksamkeit zugewendet werden. Das Studium der Arbeit, welche somit nicht durchweg endgültige Lösungen, wohl aber sehr wertvolle Elemente für eine solche bietet, wird durch die schön ausgestatteten Karten- und Profiltafeln außerordentlich erleichtert.

S. v. BUBNOFF, Greifswald.

SCUPIN, HANS, **Die Nordsudetische Dyas, eine stratigraphisch-paläographische Untersuchung.** Fortschritte der Geologie und Paläontologie, herausgegeb. von W. SOERGEL, Bd. IX, Heft 27. Berlin: Gebr. Borntraeger 1931. VII, 246 S., 17 Textfig., 4 Tafeln und 1 Übersichtskarte. Preis geh. RM 30.—, Subskriptionspreis RM 22.80.

Der Verfasser hat sich in vieljähriger Arbeit um die intensive Erforschung der nördlichen Sudeten verdient gemacht, und wir verdanken ihm mehrere, zum Teil grundlegende Arbeiten über dieses Gebiet. Es wird daher auch von allen, welche an der Geologie Schlesiens, und, darüber hinaus, an der Geologie der deutschen Permformation interessiert sind, freudig begrüßt werden, daß die Fülle von Beobachtungen, welche der Verfasser in Jahrzehnten gesammelt hat, nun zu einer einheitlichen Monographie verarbeitet worden sind.

Die Bedeutung der Arbeit liegt natürlich vornehmlich auf lokal-geologischem und speziellem stratigraphischem Gebiet; darüber hinaus liefert sie aber eine Reihe wertvoller Gesichtspunkte für die Lösung paläogeographischer Fragen der Permformation, insbesondere betreffend die klimatischen und tektonischen Vorbedingungen der Sedimentbildung in jener Zeit.

Die Permformation oder Dyas zerfällt in Deutschland in die beiden, unter ganz heterogenen Bedingungen abgelagerten Gesteinsgruppen des Rotliegenden und des Zechsteins. Die Schichten des Rotliegenden sind, wie SCUPIN in Übereinstimmung mit fast allen Geologen annimmt, kontinentaler Entstehung und darüber hinaus unter Verhältnissen eines trockenen Klimas abgelagert. SCUPIN zeigt durch genaue Untersuchung und Auswertung der einzelnen Schichtenprofile, daß das Klima im Laufe des Rotliegenden sich schrittweise geändert hat; im mittleren Rotliegenden herrschte noch ein relativ feuchtes Klima, später wurde der Kampf zugunsten eines Trockenklimas entschieden. Auf die Einzelheiten der Beschreibung der Sedimente und Eruptivgesteine kann hier nicht eingegangen werden; in manchem weicht die SCUPINsche Deutung von den bisherigen Auffassungen, besonders auch von der Einordnung der Schichten auf den geologischen Spezialkarten ab; so leugnet der Verf. z. B. das Vorhandensein von Unterrotliegendem im nordsudetischen Gebiet. Seine Gründe sind dabei durchaus beachtenswert, obwohl gerade bei den kontinentalen Gesteinen noch Zweifel hinsichtlich der genauen Altersstellung bestehen bleiben können. Der Ablagerungsraum hat sich allmählich vergrößert, infolge einer ungleichmäßigen, kippenden Einsenkung des Gebietes, welche im Westen stärker war als im Osten. Verf. sieht darin eine rein epirogene Erscheinung und leugnet zwischenrotliegende gebirgsbildende Bewegungen (saalische Phase anderer Gebiete), was indessen nach Ansicht des Referenten noch einer Bestätigung bedarf.

Der Zechstein hat in diesem Gebiete besonderes Interesse, weil es sich um Gesteine handelt, welche am Rande des Zechsteinmeeres abgelagert wurden. SCUPIN kann an Hand genauer Profile zeigen, wie die im Meere abgelagerten Schichten gegen Süden Schritt für Schritt durch Landablagerungen ersetzt werden, so daß die Küste des Zechsteinmeeres für die einzelnen Abschnitte dieser Periode recht genau bis in Einzelheiten festgelegt werden kann. Bedeutsam sind dabei die faunistischen Unterschiede gegenüber der normalen Zechsteinentwicklung, die auffallende Ausbildung in dem „Golf" von Neukirch, das Fehlen des Kupferschiefers u. a. m. Auch hier weicht der Verfasser in vielem von der Gliederung auf den geologischen Spezialkarten des Gebietes ab, ist aber, wie mir scheint, hinsichtlich der Grenzziehung zwischen den einzelnen Stufen und hinsichtlich der Parallelisierung mit anderen Gebieten Deutschlands durchaus im Recht. Dieser Abschnitt schließt mit einer Erörterung über die Herkunft der Kupfersalze und mit einer kurzen Geschichte des Kupferbergbaues im Schlesischen Zechstein.

Die allgemeingeologischen Fragen, zu denen das Studium der Dyas oder Permformation anregt, hat der Referent vor kurzem in dieser Zeitschrift besprochen. Die sorgfältige, detaillierte Untersuchung von Grenzgebieten mariner und terrestrischer Ablagerungen, wie sie SCUPIN in der vorliegenden Arbeit liefert, ist gerade für diese Fragen als wertvoller Beitrag anzusehen, der alle Gebiete von analogem Bau, aber lückenhafter Erschlossenheit beurteilen hilft. Den paläogeographischen Schlüssen des Verfassers wird man daher auch allgemein zustimmen können. Die Tektonik des Gebietes scheint mir gelegentlich auch abweichende Deutungen zuzulassen, was besonders hinsichtlich der Übersicht in der Einleitung gilt (Alter der innensudetischen Hauptverwerfung u. a.). Es fällt auch auf, daß die ausführliche tektonische Beschreibung des Gebietes von S. HANNIK (1926) nicht besprochen wird; allerdings ist sie nur in holländischer Sprache erschienen. Doch berühren diese Probleme den stratigraphisch-paläogeographischen Kern der Arbeit nur mittelbar.

S. v. BUBNOFF, Greifswald.

KREJCI-GRAF, KARL, **Grundfragen der Ölgeologie.** (Schriften aus dem Gebiete der Brennstoffgeologie, herausgegeben von OTTO STUTZER, 4. Heft.) Stuttgart: Ferdinand Enke 1930. VIII, 182 S. und 7 Abb. 16×25 cm. Preis RM 20.—.

Der Verfasser, der inzwischen einen Ruf nach Kanton erhalten hat, hat im ersten Heft der vorliegenden Sammlung die rumänischen Erdöllagerstätten besprochen. Die Grundfragen, die hier zur Erörterung kommen, umfassen die des Muttergesteins, der Migration, der Speichergesteine einerseits und andererseits die Entwicklung des Lagerstätteninhaltes, der Lagerstätten selbst, die Zusammenhänge, die sich aus der Beurteilung der geothermischen Stufen ergeben. Zum Schluß gibt der Verfasser Winke für die Praxis und Tabellen über die verschiedenen Ölgebiete, sowie ein ausführliches Literaturverzeichnis.

Von besonderem Interesse sind die Ausführungen, S. 3 über Bitumina, S. 24 über den etwaigen Zusammenhang zwischen Kohle und Öl, S. 76 über die Verteilung der einzelnen Flüssigkeiten und Gase, S. 83 über die vertikale Druckverteilung und S. 89 über Plankton als das Urmaterial des Erdöls. Nach seiner Auffassung ist das Wasser ein Nebenprodukt der Erdölbildung, was schon der Jodgehalt zeige, da Jod im Meerwasser nicht vorkomme.

Das Buch ist bei sehr knapper Darstellung überaus anregend und bietet nicht nur dem zünftigen Geologen, sondern auch dem Erdölchemiker außerordentlich viel Wertvolles. Es bedeutet eine wirkliche Bereicherung unserer Erdölliteratur.

L. SINGER, Wien.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Absolute Intensitätsmessungen der Kristallstrukturforschung. Bei der Bestimmung der Kristallstruktur werden zunächst die Kanten und Winkel der Elementarzelle und damit auch die Zahl der in der Zelle enthaltenen Atome (oder Moleküle) bestimmt. Der nächste Schritt ist die Entscheidung der Raumgruppe. — Zu diesen Bestimmungen genügt die Kenntnis der geometrischen Lage einer Anzahl Röntgenreflexionen.

Die Angabe der relativen Lage der Atome (Ionen) in der Zelle, d. h. die eigentliche Strukturbestimmung geschieht durch erschöpfende Diskussion der Reflexionsintensitäten. Diese wurden früher meistens nur visuell aus der Schwärzung der photographischen Platte geschätzt, ein Verfahren, das natürlich nur eine erste Näherung darstellte.

Durch Anwendung einer verfeinerten Meßmethode, welche absolute F-Werte[1] mit großer Genauigkeit zu bestimmen erlaubt, hat die Manchesterschule unter der Leitung von W. L. BRAGG seit 1926 äußerst wichtige Fortschritte in der Kristallstrukturforschung erzielt. Von diesen wollen wir einige kurz schildern.

1. Bestimmung sehr komplizierter Strukturen.

An einer Reihe von Silicaten und anderen Kristallen wurden vollständige Strukturbestimmungen ausgeführt. Während mit visueller Intensitätsschätzung meistens nur kubische und hexagonale Strukturen bestimmt werden können, ist es mit Hilfe von absoluten Messungen gelungen, rhombische, monokline und sogar trikline Strukturen zu erforschen (z. B. [2, 3, 4, 5, 6]). Die Elementarzellen enthalten bis 100 Atome, dementsprechend mußten 10—30 Parameter bestimmt werden. Auf die Bedeutung dieser Forschungen für die Silicatchemie und Mineralogie kann hier nicht eingegangen werden; es sei nur erwähnt, daß ein neues Silicatsystem aus ihnen entstanden ist[7].

2. Bestimmung der negativen Ladungsdichte im Krystall.

Nach einem Verfahren, das zuerst von W. H. BRAGG empfohlen, dann von DUANE, HAVIGHURST, COMPTON, EPSTEIN und EHRENFEST ausgebaut wurde, kann man die negative Ladungsdichte (die allein für die Streuung verantwortlich ist) in einem beliebigen Punkt der Elementarzelle durch eine FOURIER-Reihe bestimmen. Dazu sind die nach W. L. BRAGG zu bestimmenden absoluten *F*-Werte nötig. Die allgemeine Durchführung bedingt ungeheuer viele Rechenarbeit. W. L. BRAGG hat aber diese Schwierigkeit überwunden, indem er die *Projektion der Ladungsdichte auf eine krystallographische Fläche* berechnet, wodurch das Problem statt dreidimensional nur zweidimensional wird. Seien die Kanten bzw. Winkel des Elementarkörpers a, b, c bzw. α, β, γ; dann wird die Ladungsdichte $\varrho\ (y, z)$, d. h. die Dichte der streuenden Substanz pro Flächeneinheit der Projektion $\varrho\ (y, z) = 1/bc \sin\alpha \sum_{-\infty}^{+\infty} \sum_{-\infty}^{+\infty}$ $F\,(Okl) \cos 2\pi\,(ky/b + l\,z/c)$ (k, l MILLERschen Indices) Die Werte von den $F\,(Okl)$ können für beliebige Reflexionen bestimmt werden. Da aber auch ihre Vorzeichen bekannt werden müssen und das Experiment eigentlich die Intensitäten ergibt, die mit F^2 proportional sind, muß die Struktur in groben Zügen schon bekannt sein.

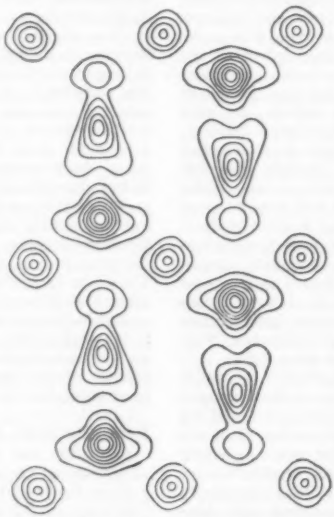


Fig. 1 A. Projektion der negativen Ladungsdichte der Elementarzelle des Diopsids auf die 100-Fläche (nach W. L. BRAGG).

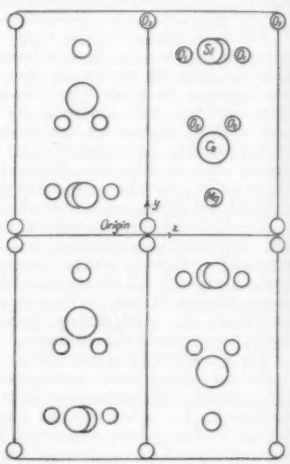


Fig. 1 B. Projektion der Elementarzelle des Diopsids auf die 100-Fläche (nach W. L. BRAGG).

Verbinden wir die Punkte gleicher negativer Ladungsdichte, so entstehen Figuren wie Fig 1 A, die gleichsam den geographischen „Höhenschichtenkarten" die Projektion der Ladungsdichte in der Elementarzelle des Diopsids $CaMg(SiO_3)_2$ anschaulich darstellen[1]. Von diesen Figuren kann man auch die Parameter der Atome genau ablesen. Die nebenstehende Fig. 1 B gibt die nach Punkt 1 bestimmte Struktur an; man sieht, daß die Parameter vollständig übereinstimmen.

Es ist interessant, daß keine scharfen Trennungs-

[1] *F* bedeutet das Streuungsvermögen der Elementarzelle, ausgedrückt im Verhältnis zum Streuungsvermögen eines freien Elektrons beim selben Glanzwinkel, ist also eine dimensionslose Zahl.

[2] W. H. TAYLOR and J. WEST, Proc. Roy. Soc. Lond. A 7, 517 (1928).

[3] ST. NÁRAY-SZABÓ, Z. f. Kryst. 71, 103 (1929).

[4] ST. NÁRAY-SZABÓ, W. H. TAYLOR and W. W. JACKSON, Z. f. Kryst. 71, 117 (1929).

[5] W. H. TAYLOR u. ST. NÁRAY-SZABÓ, Z. f. Krist. 77, 146 (1931).

[6] ST. NÁRAY-SZABÓ, Z. f. Krist. 75, 387 (1930).

[7] W. L. BRAGG, Z. f. Kryst. 74, 237 (1930). — ST. v. NÁRAY-SZABÓ, Hoppe-Seylers Z. B 9, 356 (1930).

[1] W. L. BRAGG, Proc. Roy. Soc. Lond. A 123, 537 (1929).

linien zwischen den negativen Ladungen verschiedener Atome erscheinen; die Ladungsdichte fällt vielmehr (entsprechend der neueren Auffassung) im Atom nach außen kontinuierlich ab.

3. Ladungsverteilung im Atom. Gittereigenschaften.

Ein genaueres Bild von der Ladungsverteilung im Inneren des Atoms (oder Ions) kann man durch Präzisionsmessungen an einfachen (parameterfreien) Krystallen gewinnen, die zur Eliminierung der Wärmebewegung bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt werden müssen. Die Auswertung geschieht auf quantenmechanischem Wege, die von HARTREE[1] angegeben wurde. Fig. 2 zeigt nach JAMES und BRINDLEY[2] den

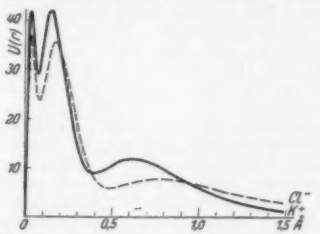


Fig. 2. Verlauf der negativen Ladungsdichte in k^+ und Cl^- (als Funktion des Abstandes vom Mittelpunkt). Nach JAMES u. BRINDLEY.

radialen Verlauf von $U(r)$ in den Ionen K^+ und Cl^+ [$U(r)dr$ ist die Ladung zwischen den Kugelschalen vom Radius r bzw. $r + dr$]. Weitere experimentelle Untersuchungen haben ergeben, daß das Kristallgitter in der Tat die von PLANCK geforderte Nullpunktsenergie von je einem halben Quantum pro Freiheitsgrad besitzt. Die mittlere Amplitude der Wärmebewegung ergab sich in Sylvin (KCl) bei 86° abs. 0,149 Å, bei 290° 0,255 Å.

ST. v. NÁRAY-SZABÓ.

Filters for the Reproduction of Sunlight and Daylight and the Determination of Color Temperature. (RAYMOND DAVIS und K. S. GIBSON, Miscellaneous Publication, Bureau of Standards, No. 114. Washington, United States Government Printing Office, 1931. 165 S. 33 Abbildungen im Text und 25 Tafeln, 15×23 cm. Preis 45 cents.) Zur Charakterisierung der Empfindlichkeit photographischer Schichten dient in Deutschland fast allgemein die Angabe der „Grade SCHEINER", die sie besitzen. Es ist aber kaum mehr ein Geheimnis, daß das „Universal-Sensitometer" des Potsdamer Astronomen J. SCHEINER vom Jahre 1894, bestehend aus einer mit Ausschnitten verschiedener Größe versehenen, drehbaren Blechscheibe und einer Benzinlampe besonderer Konstruktion, zur Bestimmung dieser Grade heutzutage keineswegs mehr benutzt wird. Ein solches Sensitometer befindet sich günstigenfalls in einem verstaubten Exemplar in einem weit abgelegenen Raume. Die Bestimmung der Empfindlichkeit erfolgt vielmehr mit ganz anderen Sensitometern und ganz anderen Lichtquellen, und die SCHEINERgrade werden aus den auf diese Weise gewonnenen Empfindlichkeitsdaten berechnet. Diese „Berechnung" geschieht mit Hilfe sog. Umrechnungstabellen, die in zahlreichen verschiedenen Fassungen in der photographischen Literatur zu finden sind. Wie aus dem Gesagten hervorgeht, herrscht heutzutage völlige Willkür in der Angabe der Empfindlichkeit photographischer Schichten in Graden SCHEINER. Ganz ähnlich verhält es sich mit den Empfindlichkeitsangaben nach HURTER und DRIFFIELD in den englisch sprechenden Ländern.

Diese Tatsache hat veranlaßt, daß sich bereits mehrere Internationale Photographische Kongresse mit der Frage der Vereinheitlichung der sensitometrischen Methoden befaßt haben. Während über die Form des eigentlichen Sensitometers noch keine Einigung erzielt worden ist, ist man sich darüber klar geworden, daß als Lichtquelle nicht die gelb brennende Benzinlampe SCHEINERS benutzt werden darf, sondern eine Lichtquelle, deren Farbe (spektrale Energieverteilung) der des Sonnenlichtes ähnlich ist, da der Amateur die meisten Aufnahmen im Sonnenlichte macht. DAVIS und GIBSON beschäftigen sich nun mit der Herstellung einer Lichtquelle, deren spektrale Energieverteilung der des Sonnenlichtes gleicht. Sie legen ihren Arbeiten Messungen der Energieverteilung des Sonnenlichtes von ABBOT zugrunde und bestimmen nach einem systematischen Plane die Zusammensetzung von Flüssigkeitsfiltern, von denen ein jedes die spektrale Energieverteilung einer zu ihm gehörenden Lichtquelle in die Energieverteilung des Sonnenlichtes umwandelt. Jedes dieser Filter besteht aus zwei genau vorgeschriebenen Glasküvetten, in deren einer sich eine wäßrige Lösung von Kupfersulfat, Mannit und Pyridin, in deren anderer sich eine wäßrige Lösung von Kupfersulfat, Kobaltammoniumsulfat und Schwefelsäure befindet. Die Konzentrationen der Chemikalien wechseln je nach der verwandten Lichtquelle. Als Lichtquellen werden im allgemeinen elektrische Glühlampen verschiedener Farbtemperaturen benutzt, von denen eine Wolframdraht-Vakuumlampe der Farbtemperatur 2360° abs. in Verbindung mit dem zugehörigen Filter nach DAVIS und GIBSON als internationaler Standard vorgeschlagen worden ist. In einer Reihe von Tabellen geben die Verfasser die spektrale Energieverteilung der Lampen mit zugehörigen Filtern. Sie untersuchen aufs genaueste den Einfluß der Reinheit der Chemikalien, die Haltbarkeit der Lösungen, den Temperaturkoeffizienten ihrer Extinktion und viele andere Faktoren. Die verdienstvolle Veröffentlichung ist als grundlegend für eine Standardisierung der Lichtquellen in der photographischen Sensitometrie anzusehen und dürfte auch für die allgemeine Photometrie und Kolorimetrie Bedeutung haben.

M. BILTZ.

Zur Sozialpsychologie der Affen. Der wissenschaftliche Wert vergleichend-sozialpsychologischer Studien an Menschen und an Tieren liegt vor allen nicht in dem Finden analoger Erscheinungen da und dort, sondern hauptsächlich in dem Nachweise, daß die Triebschicksale beim Tier im kollektiven Milieu dieselben Gesetzmäßigkeiten aufweisen wie beim Menschen.

In die menschliche Trieblehre wurden von FREUD die Begriffe des *Triebobjektes* und des *Triebzieles* eingeführt. Mit Objekt wird dasjenige Ding bezeichnet, an dem ein Trieb befriedigt wird, z. B. die Nahrung. Triebziel bezeichnet diejenige Handlung oder Aktion, durch deren Ausführung (am Objekt) der Trieb zur Befriedigung gelangt, z. B. die Einverleibung der Nahrung. Diese terminologische Unterscheidung von Objekt und Ziel hat sich deshalb als notwendig erwiesen, weil die Beobachtungen lehren, daß das Verhältnis des Triebes — als eines energetisch gedachten

[1] D. R. HARTREE, Proc. Cambridge philos. Soc. **24**, 89, 111 (1928).

[2] R. W. JAMES and G. W. BRINDLEY, Proc. Roy. Soc. Lond. A **121**, 155 (1928).

Spannungsbetrages — sowohl zum Gegenstand, als auch zum Ziel sich lockern kann. In Ermangelung eines geeigneten Objektes, oder in Ermangelung der Gelegenheit zur Ausführung der Handlung kann der Trieb an einem Ersatzobjekt oder durch eine Ersatzhandlung befriedigt werden. Diese Erscheinungen werden als Triebwandlungen oder Triebschicksale bezeichnet, und ihr Vorkommen zeigt die große Plastizität der Triebe. Eine andere Art von Triebschicksal ist, wenn die Triebbefriedigung in einer Situation dauernd zu großer Unlust führt (also Gefahrmomente drohen), so veranlaßt das Gewahrwerden des Triebobjektes in jener Situation keine Annäherung, sondern Fluchtreaktionen.

Ein Teil der sozialpsychologischen Erscheinungen bei Affen zeigt diesen Triebmechanismus, wofür die Beobachtungen von Révész[1] einige sehr schöne Beispiele liefern.

Zuerst wurde eine Rangordnung zwischen eng zusammenlebenden Tieren von Katz und Schjelderup-Ebbe am Hühnerhof ermittelt. Révész konnte ganz entsprechende Beobachtungen machen am Affenkäfig. Da fiel es nun auf, daß in Anwesenheit des Leittieres, besonders wenn dasselbe ein gar zu tyrannisches Wesen ist, der Anblick von Futter bei den unterjochten Tieren Fluchtreaktionen und andere Zeichen der Angst hervorruft. Es ist bekannt, in welchem Maße Tiere, und nicht zum wenigsten die höchst lebhaften und beweglichen Affen, von dem Nahrungstrieb beherrscht sind. Wir können uns also eine lebhafte Vorstellung davon machen, was für einen großen psychischen Druck auf die Tiere die durch Püffe und Bisse erworbene „Autorität" des Tyrannen ausübt, wenn sie imstande ist, den Triebablauf dahin zu modifizieren, daß beim Auftauchen des Triebobjektes und Erregung des Triebes eine Angstentwicklung die normale Auswirkung des Triebes hemmt und die Tiere zur Entfernung aus dem Feld veranlaßt. Wenn das Leittier sich entfernt, verhalten sich die Tiere dem Futter gegenüber gleich ganz normal. Bis plötzlich das bisher als solches vollkommen unauffällige Leittier zweiter Ordnung sich von den anderen absondert, mit Brüllen und unsanften Gebärden die anderen vom Futter fortjagt, um beim Wiedererscheinen des ersten Tyrannen augenblicklich in der Masse unterzutauchen. In dieser, durch sozialen Zwang veranlaßten Modifizierung eines Triebablaufes kann man die Vorstufe jener psychischen Mechanismen erblicken, welche beim Menschen zu den so vielfältigen und großartigen Vorgängen der Triebbeherrschung und Verdrängung führen.

Die „Macht des Schwachen" bei den Affen gehört zu den interessantesten Analogien zum menschlichen Verhalten. Révész konnte wiederholt beobachten, daß ein kleineres Tier in einem Käfig neben dem Tyrannen eine Sonderstellung genießt. Dieses wird von dem Alten verschont und zeigt auch keine übermäßige Angst vor ihm. Im Gegenteil; es benimmt sich sogar oft nicht nur furchtlos, sondern geradezu keck. Es stellte sich heraus, daß dieses Tier nicht ein starkes, sondern sozusagen das schwächste seiner Genossen ist. Die Sonderstellung läßt sich aus der Geschichte der betreffenden Tiersozietät erklären. Jenes Tier behielt seine verschonte Stellung lediglich aus seiner frühen Kindheit her dadurch, daß es weniger aufgeregt ist als die anderen, an den Kämpfen nicht teilnimmt und von den Massenhandlungen fernbleibt, folglich nicht sofort und nicht bei den geringsten Veranlassungen mit den anderen die Flucht ergreift. Es befindet sich stets außerhalb der Gefahrzone, bleibt also von der Wut des Alten verschont. Innerhalb der Machtsphäre seines Protektors kann so ein kleiner Kerl mit seiner Sonderstellung sogar mutwilligen Mißbrauch treiben und die anderen, ihm überlegenen Tiere angreifen. Das dauert so lange, bis es einmal gezwungen ist, doch an den Kämpfen teilzunehmen und in der Masse mitzubrüllen. Dann wird es gebissen und verpufft und rückt in die seiner Kraft und Geschicklichkeit gemessene Rangreihe.

Lajos Székely.

[1] G. Révész, Sozialpsychologische Beobachtungen an Affen. I. Z. Psychol. **118**, 930.

Mitteilungen aus der Nahrungsmittelchemie.

Der Arsengehalt von Lebensmitteln gewinnt neuerdings aus zwei Gründen besonderes Interesse: Einmal vermutet man, daß ähnlich wie bei der Bedeutung des Jods für die Funktion der Schilddrüse auch das pharmakologisch hochwirksame Arsen auf Lebensvorgänge von Bedeutung sein kann, wenn wir auch die Art seiner Wirkung noch nicht kennen. Dann sind aber auch manche moderne Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung der Fraßraupen besonders der Obstmaden und anderer Schädlinge vielfach Arsenverbindungen. So wird das arsensaure Blei $Pb_3(AsO_4)_2$ heute in großen Mengen zu diesem Zwecke verwendet. So kommt es, daß von so behandelten Bäumen und Sträuchern geerntetes Obst besonders an der Oberfläche abnorm große Mengen Arsen enthalten kann. Bereits K. Lendrich und Fr. Mayer [Z. Unters. Lebensmitt. **52**, 441—457 (1926); **54**, 137—159 (1927)] fanden bei aus dem Auslande eingeführten Apfelschalen bis zu 4,0 mg arsenige Säure (As_2O_3) in 1 kg Äpfel. Bei deutschen Weintrauben wurden bis zu 2,27 mg As_2O_3, Teile davon auch im Most und Jungwein, nachgewiesen. Wie aber die gleichen Forscher feststellen konnten, befindet sich das Arsen zum weitaus größten Teil an der Oberfläche der Früchte und gelangt beim Genusse derselben in den Abfall. In Verbindung mit diesen Beobachtungen ist nun von großem Interesse, welche Arsenmengen von Natur aus in normalen Lebensmitteln enthalten sein können. F. Jadin und A. Astruc (König, Chemie der menschl. Nahrungs- und Genußmittel, Nachtrag B zu **1**, 401) hatten in verschiedenen Früchten 5—12 γ in 100 g (1 γ = 0,001 mg) festgestellt. Nun hat neuerdings Th. von Fellenberg [Mitt. Lebensmittelunters. **20**, 321—337 u. 338—354 (1929)] eine rasch ausführbare Mikro-Arsenbestimmungsmethode für organische Stoffe beschrieben, die darin besteht, daß der Stoff nach E. Schulek und T. v. Villecz [Arch. Pharmaz. **266**, 411—415 (1928)] mit Perhydrol und Schwefelsäure verbrannt wird, worauf man das Arsen nach Reduktion mit Ferrosalzen als Trichlorid abdestilliert, mit Schwefelwasserstoff als Sulfid fällt und dieses dann schließlich nach Mörner mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung titriert. Nach diesen Verfahren wurden nun zunächst in normalen Lebensmitteln folgende Arsengehalte gefunden: Kuhmilch 2,3, Reis 16,0, Butter 0, Hühnerei 13,0, Weizen 13,8, Mais 2,5, Erbsen 13,5, Schokolade 16,0, Honig 0, Feldsalat 4,6, Endivie 2,2, Zwiebeln 2,0, Kartoffeln 0,8, Birnen 2,6, Äpfel 1,2—3,6, Weißwein 0,85, helles Bier 1,56 γ; nur ein mit Pottasche aufgeschlossener Kakao enthielt eine größere Menge, nämlich 105,5 γ. Mit Bleiarsenat oder mit Nosprasit (einer Kupfer-Arsenverbindung) gespritzte Früchte enthielten für die Frucht einige γ bis 117 γ Arsen.

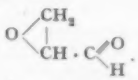
Merkwürdigerweise enthielt auch Regenwasser regelmäßig etwas Arsen (1,7—5,6 γ im Liter). Dagegen drückte sich ein hoher Arsengehalt des Bodens in darauf gewachsenem Obst in einer Arsenzunahme nicht aus, wohl bei Heu und besonders Rotklee und spitzem Wegerich. Außerordentlich arsenreich war ein Regenwurm mit 8900 γ As auf 100 g Substanz. Sehr viel Arsen enthielten auch Meeres- und Süßwasserorganismen, die anscheinend Arsen zu speichern vermögen, so Heringsfleisch 380, Dorschmehl (Trockenmasse) 1550, Lebertran 70, Langusten 410, Badeschwamm (Trockenmasse) 550, eßbare japanische Algen (Trockenmasse) 2010—3010, Felchen aus dem Vierwaldstättersee 49, eine moosähnliche Alge aus der Aare bei Muri (Trockenmasse) 180 γ As in 100 g. VON FELLENBERG kommt ebenso wie LENDRICH und MAYER auf Grund seiner Versuche zu dem Schluß, daß arsengespritzte Früchte zu Arsenvergiftungen kaum Anlaß geben dürften. Dagegen ist das aus den Insektenbekämpfungsmitteln auf der Pflanze zurückbleibende Blei viel bedenklicher, weil der menschliche Organismus Bleimengen ansammeln kann. Das Bleiarsenat ist daher zweckmäßig durch andere Mittel wie z. B. Calciumarsenat zu ersetzen.

Das antineuritische Vitamin, oder B_1-Vitamin ist jener Stoff, von dem aus die Vitaminforschung ihren Ausgang genommen hat und dem auch C. FUNK zuerst die Bezeichnung „Vitamin" gegeben hat. FUNK hat auch bereits Versuche angestellt, das Vitamin B zu isolieren und Kristalle erhalten, die aber nicht das Vitamin sein konnten. Heute weiß man, daß das B-Vitamin ein Sammelbegriff für verschiedene Vitamine ist. So unterscheidet man neben dem sog. antineuritischen Vitamin und dem Antipellagra-Vitamin, die gewöhnlich als B_1 und B_2 oder auch als F und G bezeichnet werden, heute bereits 4 oder 5 zur B-Gruppe gehörige Vitamine [vgl. A. G. VAN VEEN, Rec. Trav. chim. Pays-Bas et Belg. (Amsterd.) **50**, 200 (1931)], wenn auch zunächst noch fraglich erscheint, ob es sich hierbei um echte Vitamine handelt. Alle diese Faktoren beruhen nämlich vorerst nur auf Beobachtungen über das Wachstum von Versuchstieren. Von diesen biologischen Beobachtungen zur Isolierung und Reindarstellung der Stoffe ist aber ein weiter und beschwerlicher Weg. — Erst im Jahre 1926 ist es B. C. P. JANSEN und F. W. DONATH [Proc. Acad. Sci. Amsterdam **29**, 1390 (1926)] gelungen, das antineuritische oder B_1-Vitamin in kristallinischer Form zu gewinnen. JANSEN und DONATH fanden in einer Art Ton, „Acid Clay", einer Fullererde, ein ausgezeichnetes Reinigungsmittel für Reiskleieauszüge; von diesem Ton wird das Vitamin adsorbiert, während 98—99% der löslichen Stoffe zurückbleiben. Aus dieser Adsorptionsverbindung wird das Vitamin durch Bariumhydroxyd bei niedriger Temperatur (es ist gegen Alkalien äußerst empfindlich) wieder in Freiheit gesetzt: Der relative Reinheitsgrad beträgt nun jedoch nach VAN VEEN noch weniger als 1%. Deshalb wird die schwefelsaure Lösung dann mit Silbernitrat und Bariumhydroxyd fraktioniert ausgefällt, aus der vitaminreichsten Fraktion das Vitamin mit Phosphorwolframsäure abgeschieden, durch Bariumhydroxyd wieder in Lösung gebracht, in Alkohol gelöst und mit alkoholischer Platinchloridlösung weiter gereinigt bis man schließlich ein Gemisch erhält, das höchstens etwa 25% des Vitamins enthält. Die nun folgende äußerst schwierige Reindarstellung des Vitamins beruht auf wiederholter fraktionierter Ausfällung der alkoholischen Lösung mit Aceton, wodurch man zu einem kristallisierten Stoff gelangte, den man schließlich aus absolutem Alkohol umkristallisierte. Die Ausbeute war sehr gering, nämlich nur 100 mg des Vitamins als Chlorhydrat aus 300 kg Reiskleie, also 0,000033%; das Vitamin zeigte den konstanten Schmelzpunkt 250° und eine der Formel $C_8H_{10}ON_2$-HCl entsprechende Zusammensetzung. Die physiologische Wirkung war außerordentlich stark. Beim Reisvogel betrug die die Polyneuritis verhütende Menge täglich 0,002 mg, entsprechend beim Menschen etwa 0,5—1,0 mg. — Diese Arbeit von JANSEN und DONATH wurde im gleichen Institut in Weltevreden auf Java von VAN VEEN fortgesetzt, zunächst mit dem Ziele, die Ausbeute an dem Vitamin zu steigern. VAN VEEN [Rec. Trav. chim. Pays-Bas et Belg. (Amsterd.) **49**, 1178/79 (1930)); **50**, 200—207, 208—220 (1931)] gelang dies durch systematische Durchforschung der einzelnen Stufen der Vitamindarstellung und zwar erreichte er eine Ausbeute von etwa 140 mg Vitamin aus 75 kg Reiskleie, entsprechend 0,00019%. Dieses an sich noch nicht ganz reine Vitamin wurde nun mehrmals umkristallisiert, wobei dann die Diazo-Reaktion nach PAULY verschwand, ohne daß die Wirksamkeit des Vitamins im Tierversuch abnahm, so daß also das ursprüngliche Präparat noch eine fremde Beimischung enthalten haben muß. VAN VEEN fand weiter, daß die fast quantitative Adsorption des Vitamins an das Adsorbens unabhängig ist von der Adsorption der mit Phosphorwolframsäure ausfällbaren Stoffe. Der Auszug aus dem Acid-Clay besaß eine sehr komplizierte Zusammensetzung; er enthielt nur wenig Monoaminsäuren, keine Monoaminodicarbonsäuren. Von den mit Silbernitrat und Baryt entstehenden 4 Fraktionen umfaßte die erste Xanthin, Guanin, Adenin und Hypoxanthin; von der 2. Fraktion waren durch Silikowolframsäure nicht fällbare Stoffe Histidin, Uracil und 2 weitere kristallinische noch nicht identifizierte Körper. Die 3. Fraktion enthielt neben 2 unbekannten Stoffen Arginin und Guanidin, die 4. außer Monoaminocarbonsäuren, Betaïn und Cholin ein Chlorhydrat, das wahrscheinlich das antineuritische Vitamin ist.

Die Wirkung der Tryptase aus Pankreas auf Eiweißstoffe macht, wie J. TEMMINEK GROLL [Pharm. Weekbl. **68**, 109—121 (1931)] beobachtete, bei einer ganz bestimmten Stufe halt. Mit aus Pankreasdrüsen von Schweinen erhaltenen Präparaten blieb nämlich der Abbau zu Aminosäuren nach 1 Woche stehen, wenn etwa 20% abgebaut waren, was durch Formoltitration verfolgt wurde. Weiterer Zusatz von neuem Ferment änderte nichts an dem Zustande, auch nicht die Verwendung von reinem oder unreinem Ferment, die Änderung der Wasserstoffionenkonzentration oder des Fermentgehaltes. Dagegen konnte an neuem Eiweiß erwiesen werden, daß nicht etwa eine Inaktivierung des Trypsins eingetreten war. Die Beobachtungen lassen nur die Annahme zu, daß das genannte Ferment (bzw. die Fermente) aus Schweinepankreas die anfangs entstandenen Produkte nicht weiter abzubauen vermag, so daß also beim biologischen Eiweißabbau im Darm notwendigerweise andere Fermente von größerer Wirksamkeit beteiligt sein müssen.

Das Ranzigwerden der Fette ist ein außerordentlich interessanter Vorgang, aber auch so verwickelter Art, daß uns die Forschung darin nur schrittweise weitere Einblicke gewährt. Eingeleitet wird der Vorgang durch eine Oxydation der ungesättigten Fettsäuren, wobei Aldehyde und Ketone entstehen, die teilweise den eigenartigen bekannten Geruch der ranzigen Fette bedingen. Praktisch wichtig ist die Erkennung der beginnenden Ranzigkeit, wofür verschiedene Vorschläge gemacht worden sind. TH. VON FELLENBERG [Mitt. Lebensmittelunters. **15**, 198—208 (1924)] verwendet als

Reagens fuchsinschweflige Säure von bestimmter Zusammensetzung. Wird mit 1—2 ccm dieses Reagens 1 ccm Öl oder 1 ccm Fett, gelöst in Petroläther, 1/2 Minute kräftig geschüttelt und nach 10 Minuten beobachtet, so spricht eine eintretende Rotfärbung für Ranzigkeit. Die Ursache dieser Reaktion sind die bei der Fettoxydation entstehenden Aldehyde. Nicht von allen, sondern nur von einem ganz bestimmten aldehydartigen Körper wird die Verdorbenheitsreaktion von H. KREIS [Chem.-Ztg 23, 802 (1899)] bedingt, nämlich nach den Untersuchungen von W. C. POWICK [J. Soc. Chem. Ind. 43, 302 (1924)] durch Epihydrinaldehyd von der Struktur



Dieser Aldehyd, der trotz seiner nahen chemischen Verwandschaft zum Akrolein $CH_2 = CH \cdot C\begin{matrix}O\\H\end{matrix}$ bzw. zum Glycerin $CH_2OH \cdot CHOH \cdot CH_2OH$ beim Ranzigwerden nicht aus diesem, sondern aus Ölsäure entstanden zu denken ist, wird beim Schütteln ranziger Fette mit Salzsäure frei und verbindet sich dann mit dem zugesetzten Phloroglucin zu einer roten löslichen Verbindung. Merkwürdig ist nun, daß stark ranzige Fette bisweilen bei stark positiver Reaktion nach VON FELLENBERG nach KREIS negativ reagieren. K. TÄUFEL und J. MÜLLER [Z. Unters. Lebensmitt. 60, 473 bis 484 (1930)] führen dies darauf zurück, daß die beim weiteren Abbruch des Fettsäuremoleküls entstehenden weiteren Aldehyde mit Phloroglucin feste, wenig gefärbte Kondensationspunkte bilden und dadurch das Phlorglucin der Farbreaktion nach KREIS entziehen. Da sich beim Ranzigwerden der Fette und Öle, sei es durch Abbruch des Moleküls der Fettsäuren oder weitere Oxydation der Aldehyde zu Säuren, sei es durch Hydrolyse der Fettsäureglyceride freie Säuren bilden, ist die Bestimmung der Menge dieser, ausgedrückt durch die Säurezahl, oft als Kennzeichen der Ranzigkeit, besonders stärkerer Ranzigkeit, verwendet worden. TÄUFEL und MÜLLER verglichen Stärke der KREISschen Reaktion und Säurezahl bei einem Ölsäureäthylester miteinander und fanden, daß die KREISsche Reaktion anfangs außerordentlich viel steiler ansteigt als die Säurezahl, während die beiden Kurven sich später wieder mehr nähern. Zur Erkennung beginnender Ranzigkeit ist also die KREISsche Reaktion der Säurezahl weit überlegen. Das Licht wirkt stark katalysierend auf beide Vorgänge. Im Dunkeln verlaufen sie wesentlich langsamer. Über längere Zeiträume hin verfolgten TÄUFEL und MÜLLER die Ranzigkeit an Hand der Gewichtszunahme von Ölsäureester beim Stehen an der Luft und erhielten so eine näherungsweise reproduzierbare Kurve trotz der an sich ziemlich verwickelten Vorgänge. Eine weitere Möglichkeit, die Ranzigkeit zu verfolgen besteht darin, daß man die dabei durch Oxydation schließlich entstehenden niedriger-molekularen Fettsäuren abscheidet und bestimmt. Faßt man mit A. TSCHIRCH (nach J. TILLMANS, Lehrbuch der Lebensmittelchemie, S. 27) den Zersetzungsvorgang bei der Ölsäure so auf, daß sich zunächst Ölsäureperoxyd, daraus Ölsäureoxyd und aus diesem das Ozonid bilden, von denen letzteres in Nonylaldehyd und Azelainsäure oder in Azelainaldehyd und Pelargonsäure zerfallen kann, so folgt daraus, daß ranzige Fette diese beiden Säuren enthalten müssen, und daß deren Menge durch geeignete Oxydation der beiden Aldehyde noch vermehrbar sein muß. Azelainsäure und Pelargonsäure bilden ein lösliches Magnesiumsalz und ein fast unlösliches Kupfersalz und müssen daher bei der Caprylsäurezahl nach J. GROSSFELD [Z. Unters. Lebensmitt. 55, 354—375 (1928)] in ähnlicher Weise wie bei Caprylsäure selbst in Erscheinung treten. In der Tat ist die Caprylsäurezahl bei verdorbenen Fetten unter Umständen außerordentlich hoch, und nicht nur durch Verdorbenheitsvorgänge, sondern auch durch starkes Erhitzen der Fette ist es möglich, die Caprylsäurezahl, also die Bildung der genannten Säuren zu erhöhen. Nach Untersuchungen und Annahmen von TÄUFEL und MÜLLER [Biochem. Z. 219, 341—348 (1930)], die die Aldehyde aus ranziger Ölsäure mit Kaliumpermanganat oxydierten und die so gebildeten Säuren mit Bariumchlorid zu trennen versuchten, scheinen neben Pelargonsäure auch Essig-, Butter-, Propion-, Valerian-, Heptyl-, Capron- und Caprylsäure bzw. deren Aldehyde als Produkte der Ölsäureranzigkeit vorzukommen; möglich ist aber, daß schärfere Trennungsmethoden die Zahl dieser Säuren mehr oder weniger einschränken wird.

Das Trigonellin oder das Methylbetain der Nicotinsäure ist ein normaler Bestandteil der Kaffeebohne, ein Alkaloid, dem nach bisherigen Tierversuchen zwar besondere physiologische Wirkungen nicht zuzuschreiben sind, dessen Verhalten bei gewissen Behandlungsweisen des Kaffees ebenso wie seine Menge in verschiedenen Kaffeesorten aber immerhin von wissenschaftlichem Interesse ist. F. E. NOTTBOHM und F. MAYER [Z. Unters. Lebensmitt. 61, 202—210 (1931)] haben durch Ausarbeitung eines Verfahrens zur Bestimmung des Trigonellins für derartige Untersuchungen eine Grundlage geschaffen. Nach dieser Arbeitsweise wird das zunächst durch Ausziehen mit Chloroform coffeinfrei gemachte Kaffeepulver mit Alkohol erschöpft und der alkoholische Auszug mit Bleiessig gereinigt und mit Tierkohle behandelt. Dann wird mehrmals mit Salzsäure zur Trockene verdampft, wobei das Trigonellin bemerkenswert beständig bleibt. Seine Ausfällung erfolgt dann schließlich aus salzsaurer Lösung mit Jodlösung als Jodverbindung. Aus der Jodverbindung kann man das Trigonellin mit Silberoxyd wieder in Freiheit setzen und dann zweckmäßig als Goldchlorid-Doppelsalz, das je nach Darstellungsweise in 3 verschiedenen Modifikationen erhalten wird, indentifizieren. Der Gehalt eines Rohkaffees an Trigonellin betrug 0,225%. Bei Röstkaffee bereitete die Methode infolge der vorhandenen Röstprodukte, die sich teilweise ähnlich wie Trigonellin verhalten, noch einige Schwierigkeiten.

Über Coffeinbestimmung in Kaffee, Tee und anderen coffeinhaltigen Getränken besteht eine fast unübersehbare Zahl von Vorschlägen. Aber erst auf Grund der Versuche von K. LENDRICH und E. NOTTBOHM [Z. Unters. Nahrungsmitt. usw. 17, 241—245 (1909)] war es möglich, das Coffein aus gebranntem Kaffee in reiner Form abzuscheiden, nachdem diese gezeigt hatten, daß wässerige Kaliumpermanganatlösung die Verunreinigungen oxydiert, dabei aber das Coffein selbst nicht angreift. Die Arbeitsweise wurde neuerdings von J. GROSSFELD und G. STEINHOFF [Z. Unters. Lebensmitt. 61, 38—56 (1931)] eingehend durchgeprüft mit dem Ziele, eine noch größere Reinheit des Coffeins bei quantitativer Ausbeute und vereinfachter Arbeitsweise zu erreichen. Dabei zeigte sich zunächst, daß man das Kaliumpermanganat noch in viel höherer Konzentration einwirken lassen kann, als LENDRICH und NOTTBOHM vorschlagen, ohne daß Coffeinverluste entstehen; anderseits aber entstehen durch die Wirkung des Permanganates auf Kaffeefett, wie es sich beim Ausziehen des Kaffees mit Tetrachlorkohlenstoff oder

Chloroform dem Coffein beimischt, kleine Mengen mittlerer Fettsäuren, die das schließlich abgeschiedene Coffein verunreinigen. Durch die Entfernung dieser Fettsäuren mittels Kupferhydroxyd ließ sich dann die Reinheit des aus gewöhnlichem gebrannten Kaffee abgeschiedenen Coffeins auf 98% bringen. Nach der neuen Arbeitsvorschrift wird der feingemahlene Kaffee mit Ammoniak angefeuchtet, mit Tetrachlorkohlenstoff ausgezogen, der Auszug in Wasser aufgenommen, mit Kaliumpermanganat behandelt und dann der Überschuß desselben mit Natriumthiosulfat in Manganihydroxyd verwandelt. In der gleichen Lösung wird mit Kupfersulfat und Natronlauge ein Niederschlag von Kupferhydroxyd erzeugt, der die störenden Fettsäuren niederschlägt. Schließlich wird auf ein Volumen von 200 ccm aufgefüllt, filtriert und dem Filtrate das Coffein durch Chloroform entzogen. Es hinterbleibt nach Verdampfen des Chloroforms als weißer, gewöhnlich mehr oder weniger kristallinischer Rückstand.

J. Grossfeld.

Astronomische Mitteilungen.

A Study of Ultraviolett, Blue, and Yellow Magnitudes in the Galactic Cluster h Persei. (C. J. Anger, Harv., Obs. Bull **882**). Die abnorm gelbgefärbten B-Sterne sind in den letzten Jahren mehrfach das Objekt genauerer Studien gewesen. Das einzige, was über sie als sicher gelten kann, ist, daß sie wohl ausnahmslos Übergiganten sind. Über die Ursache der abnormen Färbung, die spektralphotometrisch einer Temperaturvertiefung bis mehr als 10000° gegenüber dem Normalwert äquivalent ist, existieren zwei Auffassungen. Die einen vermuten, daß diese Erscheinung in der Natur der Sterne selbst begründet sei, während die anderen ihre Ursache in einer interstellaren selektiven Absorption sehen. Theorie und Beobachtung sind sich zwar darüber einig, daß Übergiganten, die bekanntlich nur eine geringe Dichte zeigen, eine Verfärbung aufweisen müssen, da der hohe Grad der Verdünnung die Ionisation fördert, so daß derselbe Spektraltypus schon bei niedrigerer Temperatur auftritt, allerdings nicht ganz gleichmäßig für alle Linien, woraus sich eben die Methode der spektroskopischen Parallaxen herleitet. Der Oberflächenaufbau wird nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen hauptsächlich durch zwei Argumente bestimmt, die effektive Temperatur, d. h. den pro Oberflächen- und Zeiteinheit vom Sterne ausgestrahlten Energiebetrag, und durch die Oberflächengravitation. Die Übergiganten der Spektraltypen G 5 bis Mo zeigen diese Verfärbung sehr deutlich, bei den mittleren Spektraltypen ist sie nicht recht nachweisbar, und bei den B- und A-Sternen ist sie nur zum Teil vorhanden. Auf der anderen Seite haben verschiedene Autoren gefunden, daß in der Farbe der Sterne eine starke Abhängigkeit von der Entfernung vorhanden ist, die im Farbenindex $0^m.3$ pro 1000 Parsec beträgt, die nicht mit der absoluten Helligkeit zusammenhängt.

Der Doppelsternhaufen h und χ Persei, der nach Trümpler eine Entfernung von 2400 Parsec besitzt, enthält nun sehr viele solcher Übergiganten und auch normal helle B-Sterne. Obwohl er in einer sternreichen Gegend steht, lassen wenigstens die helleren Mitglieder ihre Zugehörigkeit zum Haufen ziemlich gut durch die große Radialgeschwindigkeit von −40 km/sec erkennen. Anger hat nun die Helligkeit dieser Haufensterne in drei Spektralgebieten bestimmt, und zwar Ultraviolett-Größen mit Eastman 40-Platten und Filter Wratten 18 A, gewöhnliche photographische Größen mit denselben Platten ohne Filter und photovisuelle Größen mit Cramer Isochromatic-Platten und Gelbfilter. Daraus wurden ultraviolette Farbenindizes im Sinne photographische Größe minus ultraviolette Größe und gelbe oder gewöhnliche Farbenindizes als photographische Größe minus photovisuelle Größe gebildet. Trägt man nun für beide Farbenindizes, die theoretisch etwa entgegengesetzt laufen müssen, das Farben-Helligkeitsdiagramm auf, das bei mangelnder Kenntnis der Spektraltypen als Ersatz für das Russell-Diagramm benutzt wird, so erhält man etwas ganz Unerwartetes. Die Ultraviolettfarbenindizes zeigen einen klaren Gang mit der Helligkeit der Sterne im erwarteten Sinne, wenn die Spektraltypen von den hellsten Sternen des Haufens zu den schwächeren von B über A und F abwärts laufen. Für die Gelb-Farbenindizes findet man fast keine Abhängigkeit von der Helligkeit, wohl aber eine sehr große Streuung. Auch eine Beziehung zwischen den beiden Arten von Farbenindizes ist infolge der großen Streuung fast gar nicht erkennbar. Da die Arbeit aber sorgfältig gemacht und die Helligkeiten an die Polarsequenz angeschlossen wurden, wird man die gefundene Streuung zum größten Teil als reell ansehen müssen. Es sieht so aus, als ob die hellsten Sterne eine Überhöhung der Helligkeit im Gebiet der Gelbmessungen im Vergleich zu den beiden anderen besitzen, die ihrerseits gut untereinander übereinstimmen. Diese herausfallenden Sterne sind c-Sterne oder Übergiganten. Die in der Helligkeitsskala an diese anschließenden sind B-Sterne mit Emissionslinien, die aber eine normale Färbung zeigen. An diese schließen sich Sterne mit gewöhnlichen Absorptionsspektren an, deren Farbenindex auf Spektraltypus B schließen läßt. Die abnorme Gelbfärbung kann also nicht durch eine allgemeine Absorption erklärt werden, sondern muß in der Konstitution der Sterne selbst begründet sein, sonst müßten alle Sterne des Haufens die Verfärbung zeigen. Eine allgemeine Absorption des Lichtes würde sich wahrscheinlich auch im Sinne einer Rayleigh-Streuung zeigen, die am stärksten bei den kürzesten Wellen wirkt. Da diese aber klar und ungeschwächt hervortreten, wenigstens wenn die Nullpunkte der drei Helligkeitsskalen richtig bestimmt sind, so ist hier keine nennenswerte selektive Absorption möglich. Die Gelbfärbung der hellsten Sterne ist nur ein physisches, im Stern selbst begründetes Phänomen.

Auf der anderen Seite aber hat man derart viel Argumente für die Existenz einer sowohl allgemeinen wie selektiven Absorption, daß an ihrer Realität kaum gezweifelt werden kann. Wahrscheinlich aber ist der Ansatz einer gleichmäßigen Absorption schon derart falsch, daß man ihn auch nicht in erster Näherung machen darf. Es gibt Gebiete, in denen die Durchsicht nur wenige hundert Parsec beträgt und mag auch solche geben, in denen wir bis auf Tausende von Parsec auf keine absorbierende Wolke stoßen. Ein solches Gebiet scheint der Doppelhaufen im Perseus zu sein. Auch stimmt hier die Radialgeschwindigkeit mit der aus der Rotationstheorie geforderten überein, wenn wir die Entfernung ohne alle Absorption zu 2400 Parsec berechnen.

Unter dem Titel **Mitteilungen der Universitätssternwarte zu Jena** Nr. 1 hat H. Vogt eine neue Reihe von Publikationen eröffnet. Zwar besteht der Inhalt nur aus Abdrucken aus den Astr. Nachr., aber die Zusammenstellung der meist theoretischen Arbeiten in diesen Heften wird sicherlich sehr angenehm empfunden werden. Der Inhalt des Heftes ist: 1. H. Vogt, Die

Rotation der Sonne. 2. H. VOGT, Die Instabilität der Welt. 3. H. SIEDENTOPF, Der Grundzustand überdichteter Gaskugeln. 4. R. C. MAJUMDAR, Die neue Statistik und die Ionisationsformel bei Berücksichtigung der relativistischen Korrektionen. 5. O. KNOPF, Über die Herkunft der Meteore.

Nr. 1 handelt von der Viskosität der Strahlung im Sterninnern, wodurch der Kern eine viel schnellere Rotation zeigen muß, als die Oberfläche. Dadurch aber ist die Abplattung des Kerns viel größer als die Abplattung der Oberfläche, die bei der Sonne praktisch Null beträgt. Am Äquator ist der Kern deswegen der Oberfläche viel näher als an den Polen, so daß die Gebiete niedriger Breite von der Rotation des Kernes in viel stärkerem Grade beeinflußt werden, als solche hoher Breite, entsprechend unseren Beobachtungen.

Nr. 2. Es wird gezeigt, daß nach der neuen Theorie über die Ausdehnung des Weltalls gewissermaßen die Masse in Raum übergehen kann und umgekehrt.

Nr. 3 und 4 beschäftigen sich mit der neuen Statistik und der Konstitution der Sterne.

Nr. 5. Es wird gezeigt, daß die größeren Meteore nicht, wie neuerdings W. J. FISHER in Harv. Obs. Circ. 331 behauptete, parabolische, sondern hyperbolische Bahnen aufweisen. Es können sogar verschiedene kosmische Ströme aufgezeigt werden, deren heliozentrische Geschwindigkeiten sich auf etwa 80 km/sec belaufen. Eine größere Anzahl von Meteoren aus dem Katalog der 611 Radianten von NIESSL gehören zu diesen Strömen. Eine befriedigende Übereinstimmung kann dagegen mit der Annahme einer parabolischen Geschwindigkeit nicht erzielt werden. K. F. BOTTLINGER.

In Nr. 3 des Lund Observatory Circular macht K. LUNDMARK eine Reihe von Angaben **zur Statistik der visuell und photographisch beobachteten anagalaktischen Objekte.** LUNDMARK setzt damit seine Studien über die anagalaktischen Nebel fort, die er in ausführlicher Weise in Nr. 30 Meddelanden från Astronomiska Observatorium Upsala 1927 veröffentlicht hat. Für solche statistische Untersuchungen steht reichhaltiges Material zur Verfügung. Neben den Schätzungen der beiden Herrschel, die im N.G.C. angegeben sind, und den statistischen Arbeiten über Nebel von CHARLIER (Lund Med. 1, 56) benutzt LUNDMARK vor allem die Königstuhlnebellisten (REINMUTH), HAGENS Generalkatalog und Nebelaufnahmen am Crossleyreflektor der Lickstернwarte von CURTIS und ihm selbst. Ein Zusammenhang zwischen den scheinbaren Durchmessern und Helligkeiten besteht nur in geringem Maße. Die Korrelationskoeffizienten, die den Grad der Verknüpfung bezeichnen, sind bei Teilung des ganzen Himmels in 48 Areale nur selten größer als 0.4, im Mittel $+ 0.352 \pm 0.009$. Dieser Koeffizient ist aus dem visuellen Material der N.G.C. und I.C. gewonnen, aber auch bei photographischem Material werden die Werte klein und vielfach illusorisch. Besser bestimmt als die Helligkeit, die visuell wie photographisch bei lichtschwachen Objekten nur unsicher zu beobachten ist, sind die Durchmesser, wie Vergleiche der Durchmesserbestimmungen auf verschiedenen Plattenserien lehren, die an verschiedenen Instrumenten aufgenommen wurden. Interessant ist besonders die Vergleichung zwischen visuellen und photographischen Messungen. Es zeigt sich bei Vergleich von HAGENS Generalkatalog mit den REINMUTHschen Beobachtungen eine sehr feste Beziehung, die erlaubt, aus den Daten einer Serie mit ziemlicher Genauigkeit den wahrscheinlichsten Wert der Durchmesser in der anderen Serie anzugeben. Der Korrelationskoeffizient ist etwa 0.6, die Verknüpfung der visuell und photographisch gemessenen Durchmesser ist also nicht allzu eng. Die Durchmesser sind aber vom „Konzentrationsgrad" der Nebel abhängig, und dieser ist visuell und photographisch verschieden groß. Verschiedene Untersuchungen von SEARES, LUNDMARK, LINDBLAD u. a. sprechen nämlich dafür, daß der durchschnittliche Farbenindex für die einzelnen Teile der anagalaktischen Objekte verschieden ist. Der Konzentrationsgrad, auch Grad der Abflachung genannt, wird nun bestimmt durch die Beziehung

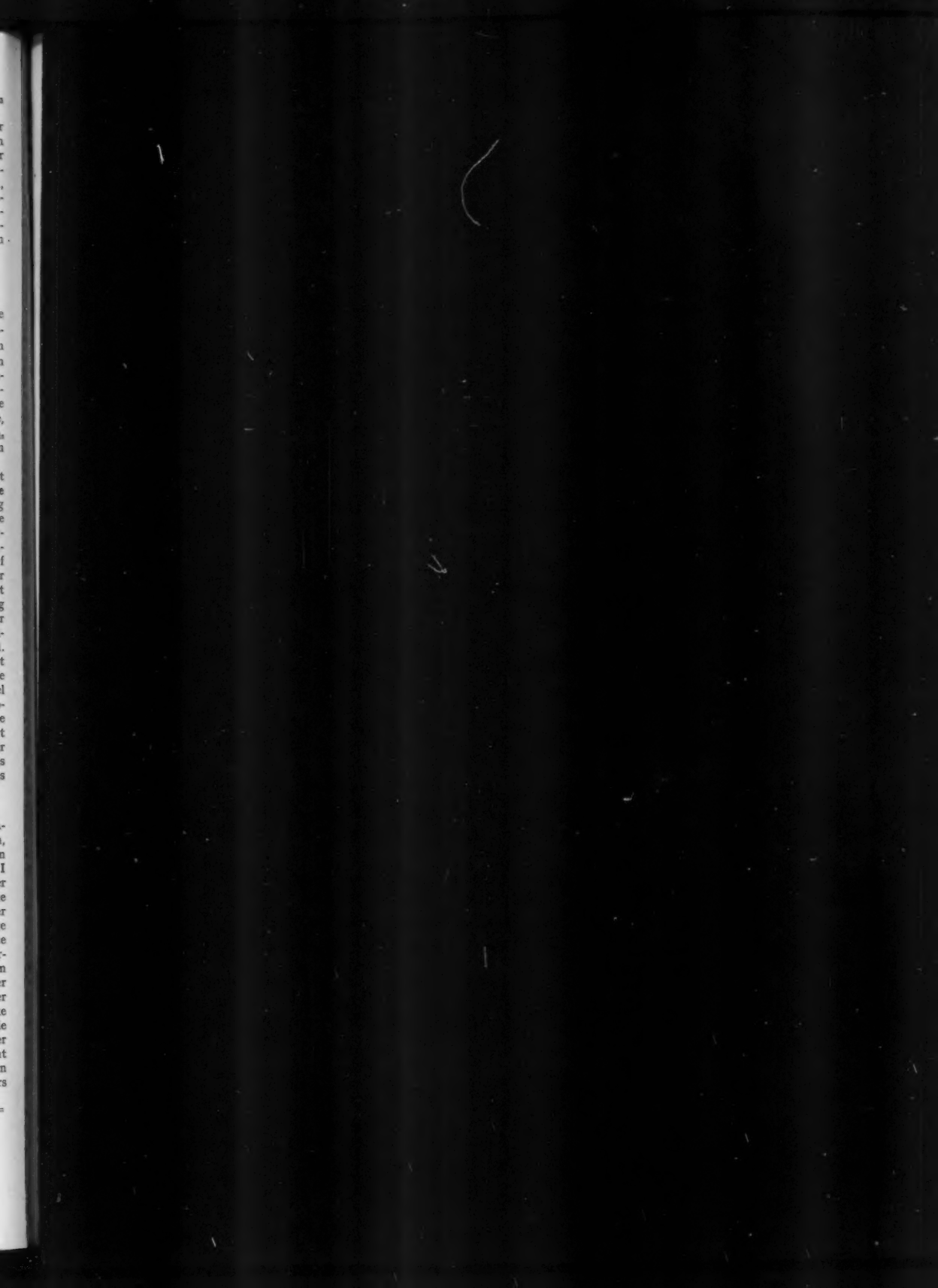
$$C_{\text{phot}} = \frac{m_p^d - m_p^o}{d_p} \qquad C_{\text{vis}} = \frac{m_v^d - m_v^o}{d_v},$$

wo d_p und d_v die Grenzwerte der Radien m_p^d und m_v^d die entsprechenden Helligkeiten eines anagalaktischen Objektes bezeichnen, während m_v^o und m_p^o die Helligkeit im Zentrum bedeuten. Den Zusammenhang dieser beiden Abflachungen zu ergründen, besitzen wir noch kein ausreichendes Material. Die Helligkeitsverteilung innerhalb der anagalaktischen Objekte im visuellen Gebiete kennen wir nicht. Wenn aber diese Aufgabe gelöst wäre, könnten wir aus dem Zusammenhang von C_{phot} und C_{vis} die Verteilung des Farbenindex in anagalaktischen Objekten ermitteln.

In einer weiteren Notiz im gleichen Zirkular gibt LUNDMARK eine Schätzung der **unteren Grenze für die Masse des Orionnebels.** Es hat sich bei der Bestimmung der Radialgeschwindigkeiten für verschiedene Teile des Orionnebels ergeben, daß die Radialgeschwindigkeiten verschieden groß sind, in der engsten Umgebung des Trapezsternes ϑ Orionis kann man sogar auf eine Rotation schließen. Bei Verwendung sämtlicher Radialgeschwindigkeiten, die bestimmt wurden, läßt sich nun durch Ausgleichung ein Betrag der Änderung der Radialgeschwindigkeiten pro 1′ Abstand von einer gleichfalls durch diese Ausgleichung festgelegten Mittellinie angeben, der als Maß der Rotation angesehen wird. Bei Annahme einer Distanz von 1000 Lichtjahren ergibt sich daraus innerhalb 1′ Abstand vom Zentrum für die Masse 47.8 Sonnenmassen, wenn wir für den Orionnebel eine kugelförmige Verteilung der Masse und eine Rotation senkrecht zur Gesichtslinie annehmen. Da wir die Neigung der Rotationsachse zur Gesichtslinie nicht kennen, stellt dieser Wert eine untere Grenze dar. Der Wert ist nicht unwahrscheinlich, da die innerhalb des Gebietes liegenden Komponenten des Trapezsternes als O-Sterne bestimmt große Masse besitzen.

H. C. FREIESLEBEN.

Im Zirkular Nr. 10 des astronomischen Observatoriums in Warschau ist eine Voranzeige erschienen, in welcher M. KAMIENSKI über seine Untersuchungen über **die Bewegung des periodischen Kometen Wolf I** berichtet. Unter genauer Berücksichtigung aller Störungen bleibt in der Darstellung der Normalorte ein mittlerer Fehler von $\pm 6''47$. Nimmt man aber eine Verzögerung der mittleren Bewegung im Betrage von $0''.00000042$ pro Tag an, so werden die Normalorte mit einem mittleren Fehler von nur noch $1''77$ dargestellt. Der Vergleich mit den Untersuchungen BACKLUNDS über den Kometen Encke (mittl. Fehler $\pm 3''8$) „MÖLLERS über den Kometen Faye (mittl. Fehler $\pm 4''13$) und HAERDTLS über den Kometen Winnecke (mittl. Fehler $\pm 4''62$) zeigt, daß in diesem Falle die Darstellung besonders gut gelungen ist, und daß daher die Verzögerung in der mittleren Bewegung sehr gut gesichert erscheint. Die näheren Ausführungen werden den Inhalt einer größeren Abhandlung des Verfassers bilden.

A. PREY.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.